

FAHRTBERICHT SONNE 76

20. Dezember 1991 bis 25. Januar 1992

(10.03.1992)



SO 76



vorgelegt von :

R. v. Huene
E. Flüh
J. Bialas
E. Fabel
J. Hoffmann
K. Emeis

Inhaltsverzeichnis

Überblick zum Fahrtverlauf

Das wissenschaftliche Programm des Projektes FACOMAR begann mit dem Auslaufen des FS SONNE aus Balboa am 20.12.1991 in den Morgenstunden und endete mit Rückkehr nach Balboa am 25.01.1992. Während der Fahrt herrschten fast durchgehend ideale Wetterbedingungen, die unsere Arbeiten sehr unterstützten.

I Allgemeine Einführung

Überblick zum Fahrtverlauf	3
Einleitung	5
Wissenschaftlicher Hintergrund	5
Wissenschaftliche Ziele	6

II Abschnitt 1 - Hydrosweep

Fächerecholotkartierung	9
Morphologie aus der Fächerecholotvermessung	12
Geologische Beprobung (aus dem Bericht der Gruppe Emeis)	20
Magnetische Anomalien	21

III Abschnitt 2a - OBH-Einsatz

Einleitung	23
Die Systemkomponenten	23
Vorbereitung und erste Test	26
Der OBH Einsatz auf Profil 1	35
Der OBH Einsatz auf Profil 2	37
Der OBH Einsatz auf Profil 3	41
Zusammenfassung des OBH Einsatz	43

IV Abschnitt 2b - Landseismik

Landbeobachtungen der seismischen Signale	45
---	----

V Literaturhinweise

49

Anhang 1 - Einsatzbericht zum Hydrosweep-System...	50
Anhang 2 - Tabellen der Stationskoordinaten an Land	53
Anhang 3 - Teilnehmerliste (Wissenschaft)	57
Anhang 4 - Bericht der Botschaft zum Bordbesuch in Caldera	58

In den Abendstunden des 13.01.1992 verließ das FS SONNE den Hafen Caldera. Im zweiten Fahriabschnitt stand nun die Seismik im Vordergrund der wissenschaftlichen Aktivitäten, vereinzelt wurden jedoch auch noch Hydrosweepkartierungen vorgenommen, um kleinere Lücken zu schließen.

Bei den seismischen Arbeiten standen zunächst erste Tests der neuen Geräte an, die sehr viel Zeit erforderten. Daneben wurden drei Profile von

Überblick zum Fahrtverlauf

Das wissenschaftliche Programm des Projektes PACOMAR begann mit dem Auslaufen des FS SONNE aus Balboa am 20.12.1991 in den Morgenstunden und endete mit Rückkehr nach Balboa am 25.01.1992. Während der gesamten Fahrt herrschten ideale Wetterbedingungen, die unsere Arbeiten sehr unterstützten.

Die ursprüngliche Fahrtplanung, die eine Teilung der Arbeiten auf zwei Gebiete, nämlich Costa Rica und Mexiko vorsah, mußte später leider aufgegeben werden, da uns von der mexikanischen Seite kurzfristig die Forschungsgenehmigung entzogen wurde. So konnten die geplanten Untersuchungen vor der costaricanischen Küste in erheblichem Umfang ausgedehnt werden.

Im ersten Teil der Fahrt (bis zum 12.01.1992) wurden Hydrosweep Profile gefahren, begleitet von magnetischen Messungen. Zusätzlich wurden geologische Beprobungen durchgeführt. Insgesamt 257 Profile mit einer Gesamtlänge von ca. 4500 Seemeilen wurden mit Hydrosweep und Magnetik kartiert. Daneben wurden 25 Beprobungen erfolgreich abgeschlossen, wobei Großkastengreifer, Kasten-, Schwere- und Kolbenlot sowie die Dredge zum Einsatz kamen. Der Probengewinn war sehr gut und ist weiter in dem SO76-Fahrtbericht vom Geologischen Institut Kiel beschrieben.

Am 23.12.1991 wurde der Hafen von Puntarenas angelaufen, um ein krankes Besatzungsmitglied an Land zu bringen.

Der erste Abschnitt endete am 12.01.1992 im Hafen von Caldera, wo ein zweitägiger Aufenthalt stattfand. Den interessierten costaricanischen Wissenschaftlern wurde die Möglichkeit einer Schiffsbesichtigung gegeben. Während dieser Zeit ist ein Bordbesuch des deutschen Botschafters (siehe Anhang 3) und der Direktoren von ICE (Instituto Costaricense de Electricidad) und RECOPE (nationale Ölgesellschaft Costa Ricas) arrangiert worden. Presse und Fernsehen machten intensiven Gebrauch von dieser Gelegenheit und berichteten in den nächsten Tagen ausführlich über die Forschungsreise.

Die Geologen verließen das Schiff, und es kamen für den geplanten Seismik-Einsatz zusätzliche Techniker und Wissenschaftler an Bord, ebenso wie die neuen Ozeanbodenseismometer.

In den Abendstunden des 13.01.1992 verließ das FS SONNE den Hafen Caldera. Im zweiten Fahrtabschnitt stand nun die Seismik im Vordergrund der wissenschaftlichen Aktivitäten, vereinzelt wurden jedoch auch noch Hydrosweepkartierungen vorgenommen, um kleinere Lücken zu schließen.

Bei den seismischen Arbeiten standen zunächst erste Tests der neuen Geräte an, die sehr viel Zeit erforderten. Daneben wurden drei Profile von

jeweils etwa 60 Seemeilen aufgezeichnet, sowohl von den Ozeanbodenseismometern, als auch von einigen Landstationen, zu denen ständig Kontakt gehalten wurde. Zur Anregung wurden drei großvolumige Airguns mit einem Gesamtvolumen von ca. 40 Litern eingesetzt.

Auf dem Rückweg nach Balboa wurden am 23.01.1992 einige Wissenschaftler in Puntarenas ausgeschifft.

Der folgende Bericht beschreibt detailliert die wissenschaftlichen Zielsetzungen, den Fahrtverlauf und - soweit möglich - die ersten Ergebnisse.

Einleitung

Das PACOMAR Projekt (Pacific Continental Margins) ist ein gemeinsames Vorhaben von deutschen und costaricanischen Forschungseinrichtungen. Es wird hauptsächlich unterstützt vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) in Form von Zuwendungen an das GEOMAR-Forschungszentrum für marine Geowissenschaften, an das Geologisch-Paläontologische Institut (GPI) der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel sowie an die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover. Auf Seiten Costa Ricas wird das Projekt durch Kooperation mit der costaricanischen Elektrizitätsgesellschaft (ICE), dem Geologischen Institut an der Universität Costa Rica und der costaricanischen Erdölgesellschaft (RECOPE) unterstützt.

Dieses Vorhaben befaßt sich mit der Untersuchung von katastrophalen Naturereignissen, wie Erdbeben oder durch sie erzeugte Flutwellen (Tsunamis), und grundlegenden vulkanischen Prozessen.* In diesem Fahrtbericht sind die ersten Ergebnisse der Forschungsfahrt SO-76 mit dem F/S Sonne vom 20. Dezember 1991 bis zum 25. Januar 1992 zusammengefaßt. Diese Ergebnisse sowie anschließende Laboruntersuchungen und Auswertungen an Land bilden die Grundlage für die Planungen und Vorbereitungen einer zweiten Fahrt mit dem gleichen Forschungsschiff, SO-81, im August und September 1992.

Wissenschaftlicher Hintergrund

Der mittelamerikanische Tiefseegraben ist das topographische Merkmal einer konvergierenden Plattengrenze, an der die ozeanische Cocos Platte unter die kontinentale zentralamerikanische Kruste geschoben wird. Zu beiden Seiten des Grabens, d.h. sowohl land- als auch seewärts, zeigt der Meeresboden im Nordwesten eine ruhige Morphologie, bei Cabo Blanco, süd-westlich der Nicoya Halbinsel, geht diese über in eine rauhe und bewegte (Fisher, 1961). Hier weist der relativ ebene Kontinentaltalhang starke Einbuchtungen auf und das angrenzende Gebiet auf der Cocos Platte ist durch viele Seamounts charakterisiert. Entlang der Grabenachse entspricht ein abrupter Versatz der Achse dieser Änderung in der Morphologie (Roump, 1985). Da die ozeanische Platte mit einer Geschwindigkeit von 9 cm pro Jahr (McNally und Minster, 1981) unter den Kontinentaltalhang subduziert wird, vermutet man, daß zahlreiche Seamounts in der Vergangenheit mitsubduziert wurden. Weiterhin ist von besonderem Interesse, daß eine Zunahme der Erdbebenaktivität unter dem Kontinentalrand dort auftritt, wo die "rauhe" ozeanische Kruste subduziert wird (Gündel, 1986).

* Dieser Aspekt ist ausführlicher in der PACOMAR-Broschüre beschrieben, die bereits vor dieser Fahrt erstellt wurde.

Auch an anderen Tiefseeegräben beeinflusst die Subduktion von Seamounts die Morphologie des Kontinentalhanges. Am Japan Graben verursachte die Subduktion eines einzelnen Seamounts Einbuchtungen entlang des Kontinentalhanges (von Huene und Lallemand, 1990). Wo lange Ozeanrücken subduziert werden, können sich sowohl die Struktur des Kontinentalrandes als auch die des zugehörigen Vulkanbogens ändern. Ein Beispiel dafür ist der abgesenkte Kontinentalrand und das Fehlen vulkanischer Aktivitäten entlang des Teiles von Peru, an dem der Nazca Rücken subduziert wurde (Suess und von Huene, 1988). Tektonische oder von Subduktion herrührende Erosion durch ein starkes topographisches Relief auf der ozeanischen Platte ist entlang von Tiefseeegräben allgemein nachgewiesen (von Huene und Scholl, 1991). Die Wechselwirkungen im tieferen Untergrund, die entscheidend sind für die Erklärung der Entstehung von starken Erdbeben und der damit in Beziehung stehenden vulkanischen Prozesse, sind jedoch immer noch kaum bekannt.

Wissenschaftliche Ziele

Grundlegend für das Verständnis konvergierender Plattenränder ist die Wechselwirkung im tiefen Untergrund entlang der Plattengrenze. An dieser Grenze, an der sich zwei lithosphärische Platten aneinander vorbeibewegen, bestimmt der Gleitwiderstand, auch als Spannung bezeichnet, die Dynamik. Die Spannung kann stark beeinflusst werden durch das Volumen der Sedimente und ihrer eingeschlossenen Porenfluide, die zwischen die beiden Platten eingepreßt werden. Weitere Effekte durch Unebenheiten auf der subduzierten Platte werden noch vermutet.

Während eines größeren Erdbebens entlang einer Plattengrenze umfaßt die Gleitfläche, die plötzlich in Bewegung kommt, gewöhnlich mehrere hundert Quadratkilometer. Diese Bewegung breitet sich vermutlich von der Stelle der maximalen Spannung in radialer Form aus. Es stellt sich die Frage, ob topographische Erhöhungen auf der subduzierten unteren Platte eine solche Stelle maximaler Spannung bilden, welche sich als letzte löst, wenn die Spannung zwischen den sich bewegenden Platten bei einem Erdbeben freigesetzt wird? Reduzieren in umgekehrter Weise Fluide, die unter Überdruck stehen, in den subduzierten Sedimenten die Reibung und bewirken eine geringere Kopplungsstärke? Dieser Einfluß, den die Topographie der subduzierten ozeanischen Kruste auf die Kopplung zwischen den Platten hat, ist ein Hauptuntersuchungsziel von PACOMAR.

Diese grundlegenden Fragen von PACOMAR können bevorzugt am Kontinentalrand von Costa Rica untersucht werden, da hier sowohl der raue als auch der ebene Plattengrenzentyp nebeneinander vorgefunden wird. Westlich der Nicoya Halbinsel haben seismische Sektionen gezeigt, daß die "ebene" ozeanische Kruste und subduzierte Sedimente an der Plattengrenze bis zu einer Tiefe von 10 km zu sehen sind (Shipley et al.,

1990). Südlich der Halbinsel erstrecken sich wenig erforschte Gebiete mit Seamounts, die im Begriff sind subduziert zu werden. Da beide Gebiete auf der subduziert werdenden Cocos Platte liegen, wird der Charakter der Grenzfläche zwischen den Platten zur Hauptvariable, denn die Effekte der Konvergenzrate, des Alters der ozeanischen Kruste und die Unterschiede in der übergeordneten Struktur dieses aktiven Kontinentalrandes bleiben unverändert. Des weiteren ist für diese Untersuchung von Vorteil, daß Wissenschaftler aus den U.S.A. erst kürzlich die Struktur der Vorderkante des Kontinentalrandes westlich der Nicoya Halbinsel mit 3D-reflexionsseismischen Daten abgebildet haben (Shipley et al., 1992 im Druck).

Zusätzlich zu diesen tektonischen Aspekten befaßt sich PACOMAR mit dem lithologischen Aufbau des Schelfgebietes von Costa Rica und mit seinen enthaltenen paläozeanographischen Aufzeichnungen. Durch Beprobung von älteren Gesteinen, die durch Tektonik freigelegt wurden, ist es möglich die geologische Entwicklung aufzuzeigen. Die Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Proben und Sedimentkerne hilft, die geophysikalischen Daten in die nachgewiesene Lithologie einzuhängen und zu korrelieren. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Proben der wissenschaftlichen Bohrungen, die weiter ozeanwärts durchgeführt wurden (ODP Leg 138, DSDP Leg 9 und 84) zu erweitern und zu ergänzen. Ferner sind die umweltgeographischen Daten, die in Beziehung zur paläozeanographischen Geschichte stehen, von großer Bedeutung für die Erforschung globaler Veränderungen (Global Change). Bisher ist weder viel über die lokale Entwicklung von küstennahen Aufwärtsströmungen bekannt, noch wurden die Perioden des Vulkanismus im angrenzenden vulkanischen Bogen durch Tephrochronologie in der Tiefsee gut dokumentiert.

Eine erste Teilaufgabe der SO-76 Fahrt war es, die Morphologie des costaricanischen Kontinentalrandes detailliert mit einem modernen Fächerecholotsystem zu vermessen. Eine derartige Kartierung ist imstande, die Oberflächenmerkmale von raschen tektonischen Prozessen im Untergrund aufzulösen. Die erstellten Karten erlauben es die reflexionsseismischen Profile, die bei der SO-81 Fahrt (August/September 1992) aufgenommen werden sollen, optimal zu plazieren. Ein zweiter Aspekt der SO-76 war es, refraktionsseismische Tiefenprofile aufzunehmen, um die grobe Gliederung der Kruste und seismische Geschwindigkeiten zu bestimmen. Die Aufnahmekonfiguration bestand aus Registrierstationen auf dem Meeresboden (ocean bottom hydrophone, OBH) und Stationen an Land, wodurch eine kontinuierliche Kette von Aufnehmern über die Küstenlinie hinweg zur Aufzeichnung der Airgun-signale vom Schiff gebildet wurde. Solche Informationen helfen, die reflexionsseismischen Daten, die während SO-81 aufgenommen werden sollen, auf ein Mindestmaß zu reduzieren und können verwendet werden, um die Lokalisierung von Erdbeben zu verfeinern. Die Probenentnahme vom Meeresboden wurde zugleich mit dem Vermessungsprogramm

durchgeführt (siehe Bericht über das geologische Beprobungsprogramm). Ziele stellten Gebiete dar, in denen am Meeresboden anstehendes älteres Gestein vermutet wurde. Diese lieferten stark verfestigte Sedimente, die von früherer tiefer Einbettung zeugen. Des weiteren wurden Sedimentkerne gezogen, die gute paläozeanographische Belege über die letzten Perioden globaler Veränderungen (Global Change) andeuteten. Magnetische Anomalien wurden ebenfalls gleichzeitig mit der Vermessung aufgezeichnet, um größere Strukturen der ozeanischen Kruste und möglicherweise die Lokationen einiger subduzierter Seamounts nachzuweisen. Diese Daten werden mit Hilfe von Aufzeichnungen des costaricanischen magnetischen Observatoriums, ICE, für die täglichen magnetischen Variationen korrigiert werden.

II Abschnitt 1 - Hydrosweep

Fächerecholotkartierung

Während des Umbaus des F/S Sonne wurde ein Hydrosweep-multibeam-Fächerecholotsystem installiert, das über ein Krupp-Atlas Interface mit dem kombinierten HMS-Caris Softwarepaket (HMS: Hydromap System) die Erstellung von bathymetrischen Karten ermöglicht. Bei der Forschungsfahrt SO-76 wurde dieses System zum ersten Mal für ein extensives Vermessungsprogramm angewendet. Wie bei allen größeren Neuinstallierungen zu erwarten, zeigten sich bald unvorhergesehene Einschränkungen. Beträchtliche Zeit wurde zur Umgehung derselben aufgewendet, um noch an Bord endgültige Ergebnisse anfertigen zu können (siehe Liste von empfohlenen Verbesserungen, Anhang 1). Fertige Tiefenlinienkarten mußten vor dem Fahrtende erstellt werden, da das HMS/ Caris Paket zur Zeit nur für die Benutzer an Bord des F/S Sonne zur Verfügung steht. Die Dokumentation unserer erarbeiteten Verfahren soll deshalb anderen Benutzern, die sich auf anschließenden Fahrten ähnlichen Problemen gegenübergestellt finden, eine Hilfe sein.

Als erstes war eine Kontrolle über die Anzahl der Tiefenwerte notwendig, die in einer einzelnen Zelle des rechtwinkligen Gitternetzes, auf dem Tiefenlinien im HMS/Caris Programm aufgebaut werden, enthalten sind. Die Anzahl der Werte, die in einer Zelle mit einer bestimmten Größe zusammengefaßt werden, ist eine Funktion der Wassertiefe (Abb. 1). Um einen Gitterabstand von 100 m zu erhalten, mußten die Gesamtdaten in quadratische Einzelgebiete von 50 km Kantenlänge (Abb. 2) aufgeteilt werden, da in HMS/Caris die Zellengröße gewöhnlich automatisch durch die Größe des bearbeiteten Gebiets festgelegt ist. Wenn das gesamte Untersuchungsgebiet, das während dieser Fahrt vermessen wurde, in einem einzigen Datenfile bearbeitet und in eine Tiefenlinienkarte umgesetzt würde, erschienen alle morphologischen Strukturen stark geglättet und viele der bedeutungsvollen Detailinformationen gingen verloren. Der Fisher Seamount zum Beispiel besteht aus radial verlaufenden Kämmen, einer Verlängerung parallel zum Rücken, auf dem er gebildet wurde, und ist gestört durch Verwerfungen an der Grabenachse. Auf einer quadratischen Karte mit einem Grad Seitenlänge (111 x 111 km) erscheint dieser Seamount jedoch als beinahe kreisrunde Struktur. Empirisch fanden wir heraus, daß ein Gitterabstand von 100 m der geeignetste ist, um morphotektonische Strukturen in einer Wassertiefe zwischen 3000 m und 4000 m darzustellen. Bei einer Wassertiefe von 500 m und weniger entschlossen wir uns, die Vermessungsprofile ab dieser Tiefe zu beenden.

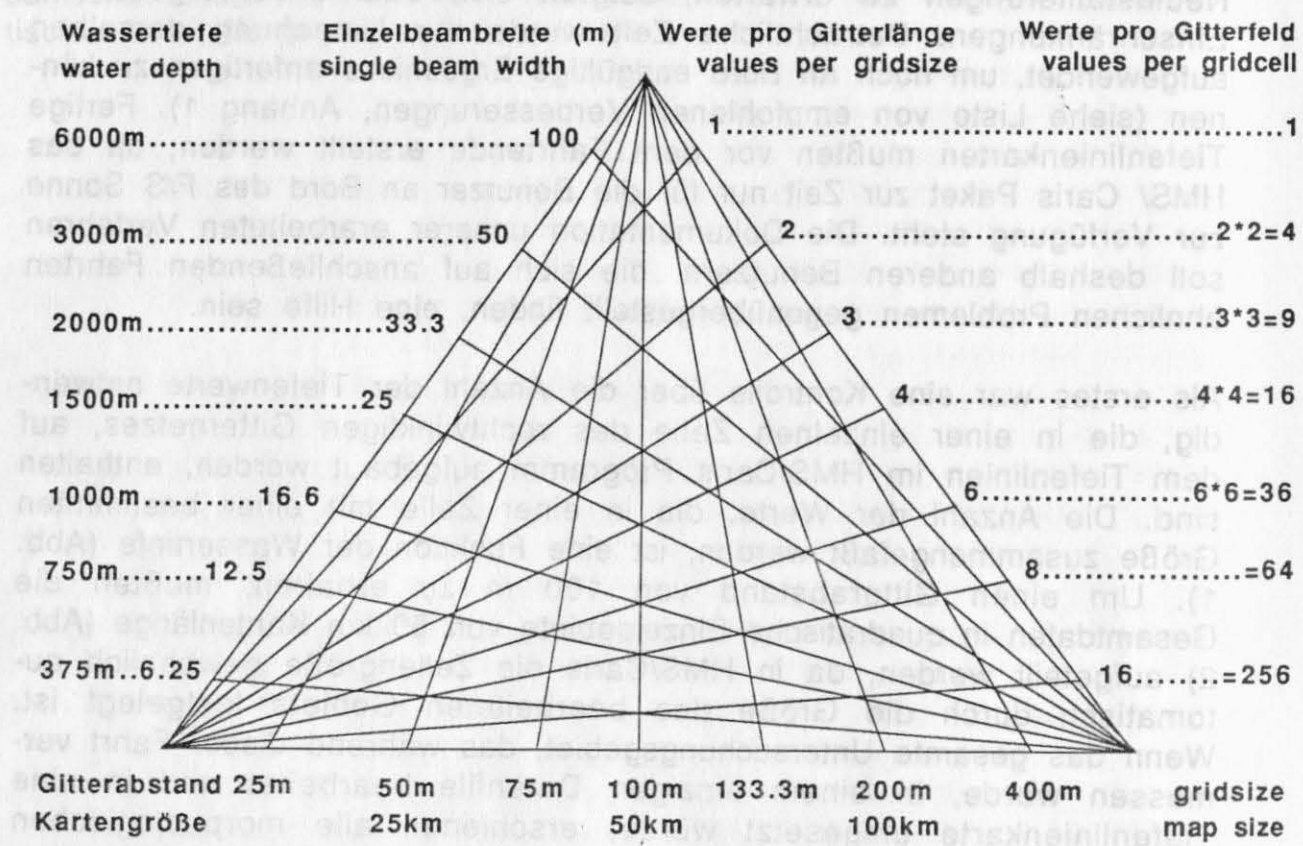


Abbildung 1: Diagramm der Beziehung von Wassertiefe und Beambreite zum Gitterabstand und zur Zahl der Tiefenwerte pro Zelle. Vorausgesetzt ist ein gerader Kurs ohne Berücksichtigung der Datendichte in Profilrichtung. Die untere Skala gibt die Kartengröße an, durch die der Gitterabstand bestimmt wird .

SONNE 76

Hydrosweep

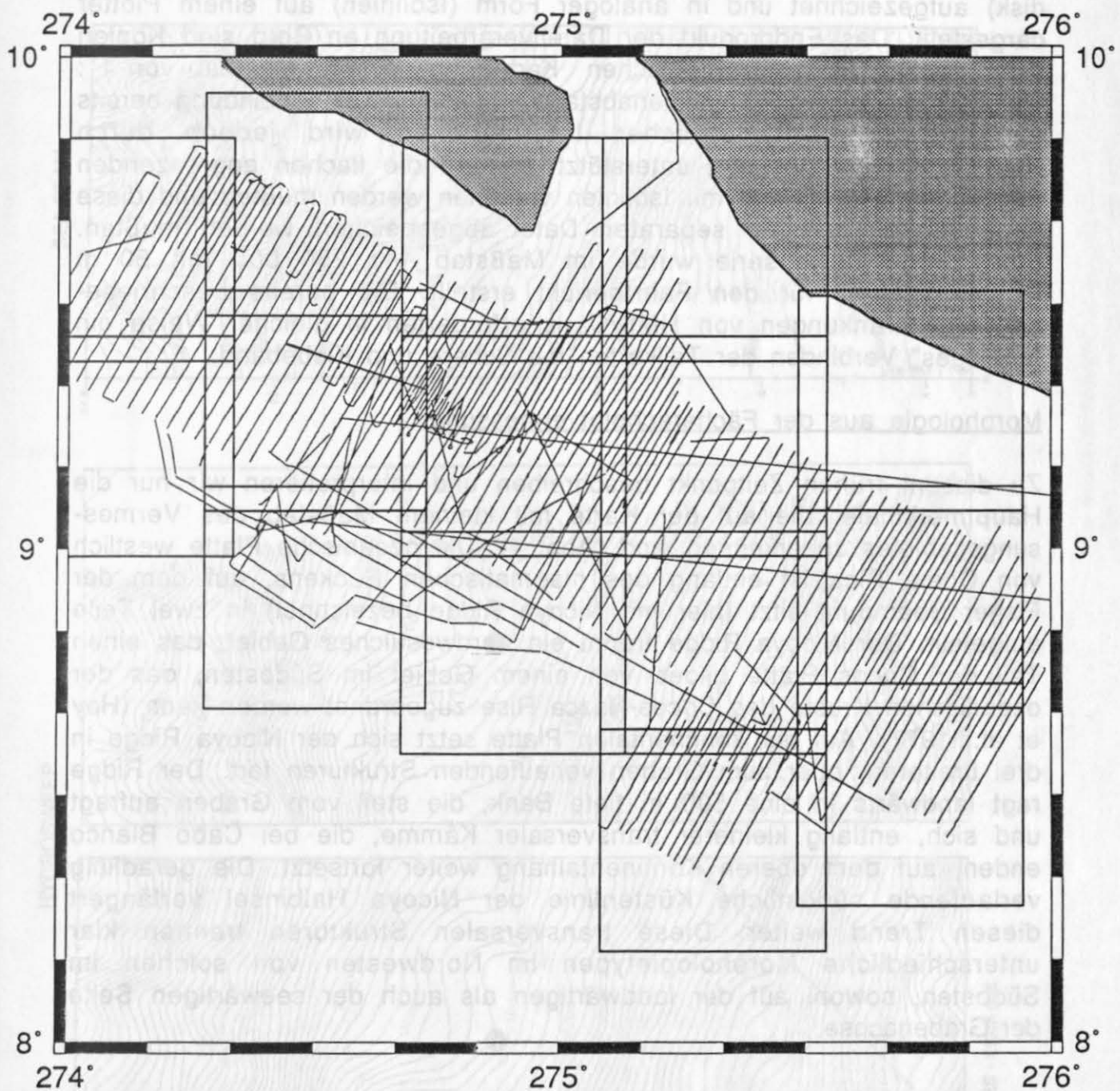


Abbildung 2: Lageplan der Schiffskurse zur Hydrosweep-Vermessung
und der Gebiete der Area Files

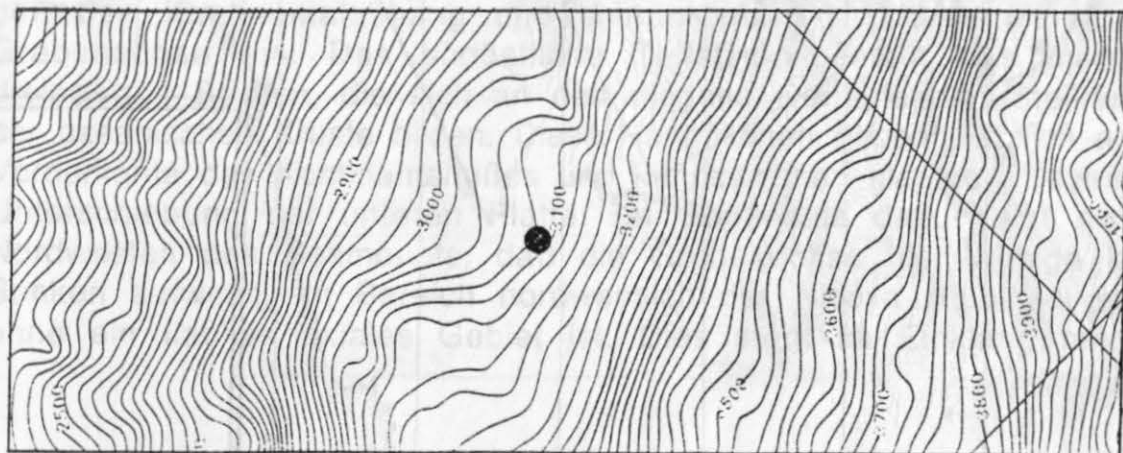
Die resultierenden Karten von HMS/Caris konnten mit einem überlappenden Gebiet, das mit dem Seabeam System vermessen worden war (Shipley and Moore, 1986), verglichen werden: Die Hydrosweep Karte weist einen glatteren Charakter auf und läßt feine Details vermissen, trotz Optimierung der Gittergröße auf 1 bis 4 Tiefenwerte pro Zelle (Abb. 3). Dieses Problem des Postprocessing, sowie die Darstellung der Tiefendaten in verschiedenen Maßstäben unter Verwendung von HMS/Caris, erfordert eine weitere Untersuchung an Land mit den Originaldaten in ihrer ursprünglichen Aufnahmedichte.

Während SO-76 wurden die Hydrosweep Daten in digitaler Form auf Magnetbändern und magneto-optischen Datenspeichern (magneto-optical disk) aufgezeichnet und in analoger Form (Isolinien) auf einem Plotter dargestellt. Das Endprodukt der Datenverarbeitung an Bord sind Kopien einer Serie von bathymetrischen Karten in einem Maßstab von 1 : 100 000 und einem Tiefenlinienabstand von 20 m. Die Einbindung bereits existierender bathymetrischer Informationen wird jedoch durch HMS/Caris nicht geeignet unterstützt, so daß die flachen angrenzenden Schelfgebiete per Hand mit Isolinien versehen werden mußten und diese Informationen in einer separaten Datei abgespeichert werden mußten. Eine zweite Kartenserie wurde im Maßstab 1 : 250 000 mit 50 m Isolinienintervall für den Fahrtbericht erstellt. Die bereits beschriebenen Einschränkungen von HMS/Caris erforderten in gleicher Weise ein "analoges" Verbinden der Teilkarten mit Schere und Klebeband.

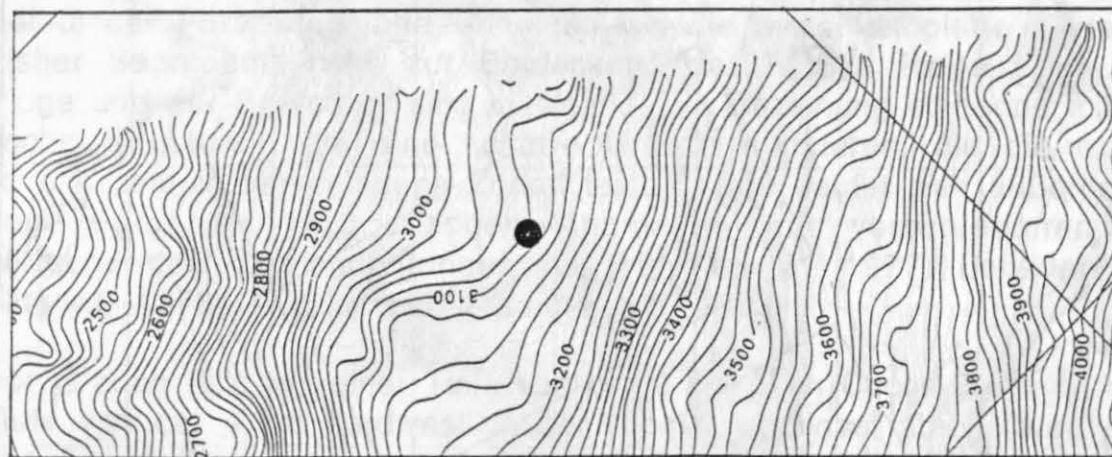
Morphologie aus der Fächerecholotvermessung

Zu diesem frühen Zeitpunkt beschreiben und interpretieren wir nur die Hauptmerkmale, die auf der Karte mit kleinem Maßstab des Vermessungsgebietes zu erkennen sind (Abb. 4). Die ozeanische Platte westlich von Costa Rica ist entlang des magmatischen Rückens, auf dem der Fisher Seamount sitzt (hier mit Nicoya Ridge bezeichnet) in zwei Teile aufgeteilt. Der Nicoya Ridge trennt ein nordwestliches Gebiet, das einen Teil der Cocos Platte bildet, von einem Gebiet im Südosten, das der ozeanischen Kruste des Cocos-Nazca Rise zugeordnet werden kann (Hey et al., 1977). Auf der kontinentalen Platte setzt sich der Nicoya Ridge in drei breiteren, quer zum Graben verlaufenden Strukturen fort. Der Ridge ragt landwärts in eine 500 m tiefe Bank, die steil vom Graben aufragt und sich, entlang kleinerer transversaler Kämme, die bei Cabo Blanco enden, auf dem oberen Kontinentalhang weiter fortsetzt. Die geradlinig verlaufende südöstliche Küstenlinie der Nicoya Halbinsel verlängert diesen Trend weiter. Diese transversalen Strukturen trennen klar unterschiedliche Morphologietypen im Nordwesten von solchen im Südosten, sowohl auf der landwärtigen als auch der seewärtigen Seite der Grabenachse.

HYDROSWEEP

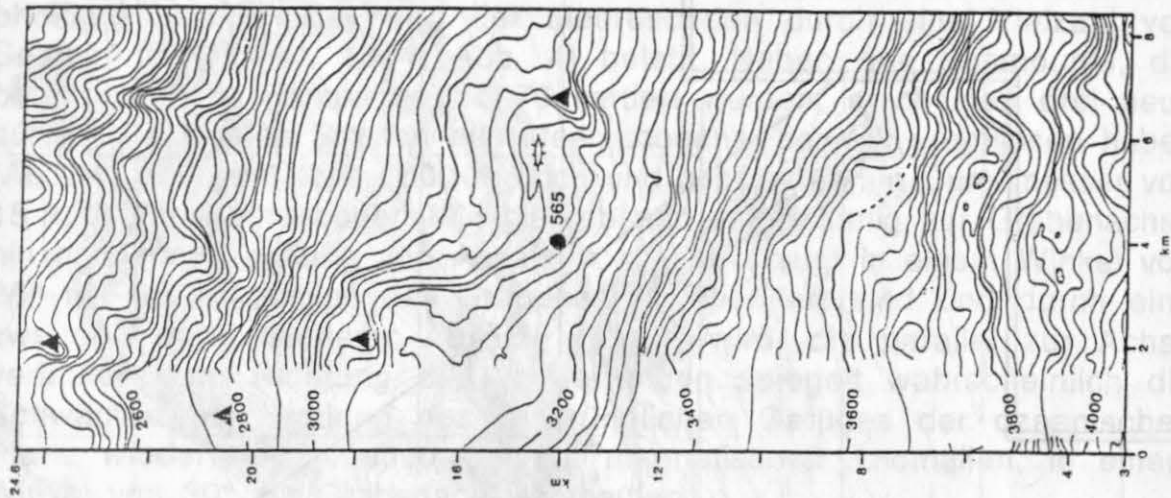


HS - 113m cell



HS - 93m cell

SEA BEAM



3D REFLECTION

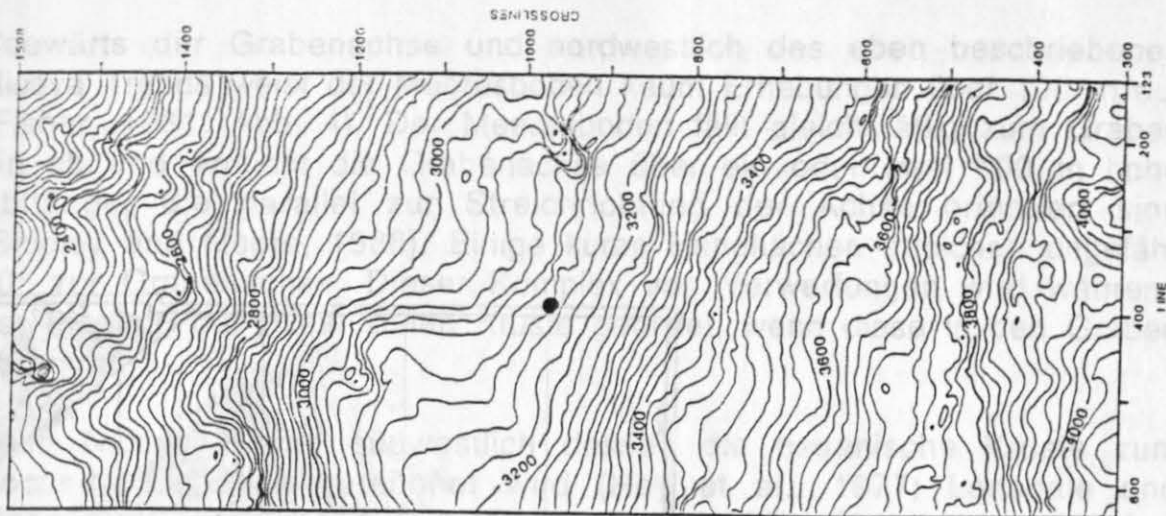
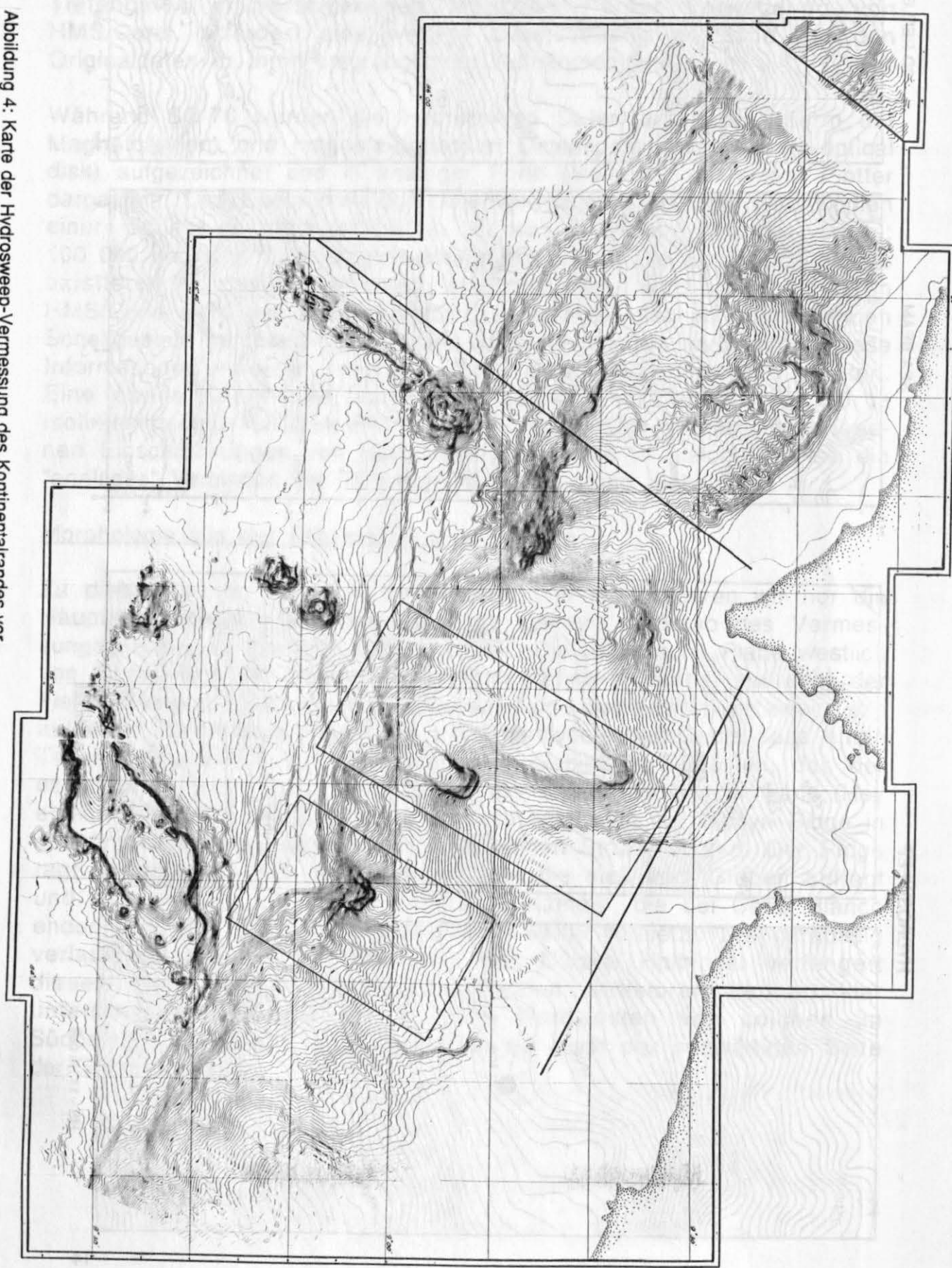


Abbildung 4: Karte der Hydrosweep-Vermessung des Kontinentalrandes vor Costa Rica. Eingezeichnet sind die refraktionsseismischen Profile und die Lokationen der perspektivischen Ausschnittsvergrößerungen.



Seewärts der Grabenachse und nordwestlich des eben beschriebenen Nicoya Trends weist der Meeresboden kaum Erhebungen über 100 m auf (Fisher, 1961; Abb. 4). Der Meeresboden fällt gleichmäßig zum Graben hin ab und erreicht die Grabenachse über ein oder zwei 100 m hohe Abhänge, die parallel zur Streichrichtung der Achse orientiert sind (Shipley and Moore, 1986). Einige kurze Hangflächen streichen ungefähr 20° zur Grabenachse. Dieser Komplex von Verwerfungen wird während der Biegung der ozeanischen Kruste gebildet, wenn diese in den Graben abtaucht.

Beim Nicoya Ridge, südwestlich dessen die ozeanische Kruste zum Cocos-Nazca Rise gerechnet wird (Hey et al., 1977; Lonsdale and Klitgord, 1978; Klitgord and Mammericks, 1982), ändert sich die Morphologie abrupt. Hier wird der Meeresboden durch eine Vielzahl von Seamounts (Fisher, 1961; Abb. 4) belebt. Neben den Seamounts, die bereits vor der Kampagne SO-76 kartiert wurden, erscheinen drei neue auf dem schmalen Streifen des Meeresbodens, den wir vermessen haben (Abb. 4). Sie sind etwa 1500 m hoch und besitzen einen Durchmesser von 15 km. Der Meeresboden fällt hier ebenso stufenförmig zur Grabenachse hin ab, jedoch entlang von Absätzen, die bevorzugt in einem Winkel von 25° bis 30° bezüglich der Grabenachse orientiert sind und durch eine zweite Gruppe kleinerer Absätze gestört wird, die parallel zur Achse verlaufen. Die Richtung der Verwerfungen spiegelt wahrscheinlich die Schwächezonen entlang des ursprünglichen Gefüges der ozeanischen Platte wieder, die, ebenso wie die magnetischen Anomalien, in einem Winkel von 30° zur Grabenachse verlaufen.

Bei dieser Forschungsfahrt erstellten wir die erste komplette Karte des Fisher Seamounts, was zur Entdeckung des Nicoya Ridge führte. Der Ridge und der Seamount sind miteinander in Beziehung stehende magmatische Strukturen, die eine scharfe Grenze markieren, die die ozeanische Kruste in verschiedene Zonen teilt. Dieses deutet sich außerdem in den regionalen magnetischen Anomalien mit verschiedenen vorherrschenden Streichrichtungen an (Hey et al., 1977; Lonsdale und Klitgord, 1978; Klitgord und Mammericks, 1982).

Der Graben fällt von einer Tiefe von ca. 2 km beim Cocos Ridge auf eine Tiefe von ca. 4 km nordwestlich der Nicoya Halbinsel ab. Er wird durch den Fisher Seamount in zwei Segmente unterteilt. Dieser preßt sich gegen den Kontinentalabhang und schränkt den regulären Verlauf der Grabenachse ein. Das südöstliche Teilstück besteht aus mehreren dreieckigen Becken, die sich an den diagonal verlaufenden Steilrändern der ozeanischen Kruste bilden. Diese Hangflächen enden plötzlich an der Vorderkante des Kontinentalfußes und kennzeichnen klar den Beginn der Unterschiebung der unteren Platte. Im Gegensatz dazu zeigt sich im Nordwesten des Seamounts, daß die Grabenachse hier wenige kleine Senken aufweist, im Bereich nordwestlich der Nicoya Halbinsel jedoch ohne ein flaches axiales Gebiet ist. Dies steht im Einklang mit dem

Fehlen von Turbiditen auf den seismischen Sektionen von Shipley und Moore (1986). Die geringen Mengen an Turbiditen, die in die Grabenachse gelangen, werden in lokalen Senken hinter Erhebungen der ozeanischen Platte, die mit dem Kontinentalhang kollidiert, abgelagert. Diese Senken enthalten selten Sedimente mit Mächtigkeiten über 100 m (Roump, 1985) und die Morphologie läßt ahnen, daß die Oberfläche der ozeanischen Platte über weite Teile der Grabenachse bloßliegt.

Der Kontinentalhang westlich der Nicoya Halbinsel hat eine lineare Morphologie parallel zur Küste, wie aus den Vermessungen dieser Fahrt und dem angrenzenden Gebiet, das von Shipley und Moore (1986) kartiert wurde, ersichtlich ist. Die relativ steilen oberen und unteren Teile des Kontinentalhanges sind durch einen weniger steilen mittleren Teil getrennt. Kleinere Canyons reichen über den oberen Kontinentalhang, sind jedoch weniger ausgebildet in den mittleren und unteren Teilen.

Entlang der südöstlich anschließenden Nicoya Halbinsel folgen die Küstenlinie, die Schelfkante und der obere Kontinentalhang einer breiten und gleichmäßigen Einbuchtung; der angrenzende untere Hang zeigt jedoch einen geraden Verlauf. Viele Canyons durchziehen die große Einbuchtung auf dem oberen Kontinentalrand und weisen somit auf eine relativ alte Morphologie hin. In Anbetracht der miozänen Hangsedimente, die während des Deep Sea Drilling Projects (von Huene, Aubouin et al., 1985) erbohrt wurden, könnte die Morphologie des oberen Kontinentalhanges aus dem späten Neogen stammen.

Der südöstliche Kontinentalhang ist durch zwei Einbuchtungen, hier mit Golf von Nicoya und Quepos Einbuchtung bezeichnet, gestört. Jede der Einbuchtungen enthält kleinere Einkerbungen, einige mit einer scharfkantigen Morphologie, andere sind eher unklar. In der Nicoya Einbuchtung bestehen die Spitzen der scharfen Einkerbungen aus geschlossenen Senken und deuten an, daß die tektonische Aktivität die Sedimentation übertrifft. Sogar der Vorsprung zwischen den zwei größeren Einkerbungen hat kleine scharfe Einschnitte bei $9^{\circ}05'N$ und $84^{\circ}50'W$. Kurz hinter der steilen Karstufe am Hang befindet sich eine leichte Anhöhe. Nahe der Mitte der Quepos Einbuchtung weist der untere Kontinentalhang einen Seamount auf, der eine kurze Einkerbung hinter sich zurückläßt (Abb. 5 & 6). Alle scharfen Einschnitte sind mit ihrer Längsachse senkrecht zur Streichrichtung der Grabenachse orientiert (Abb. 4), was zugleich der Richtung der relativen Plattenbewegung entspricht (McNally und Minster, 1981).

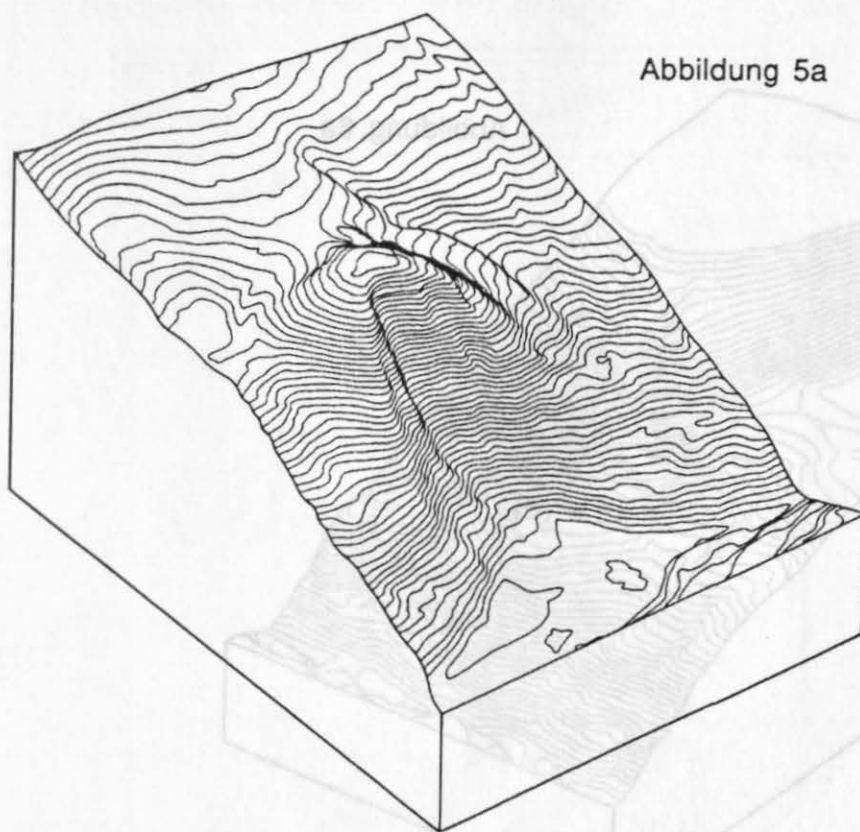


Abbildung 5a

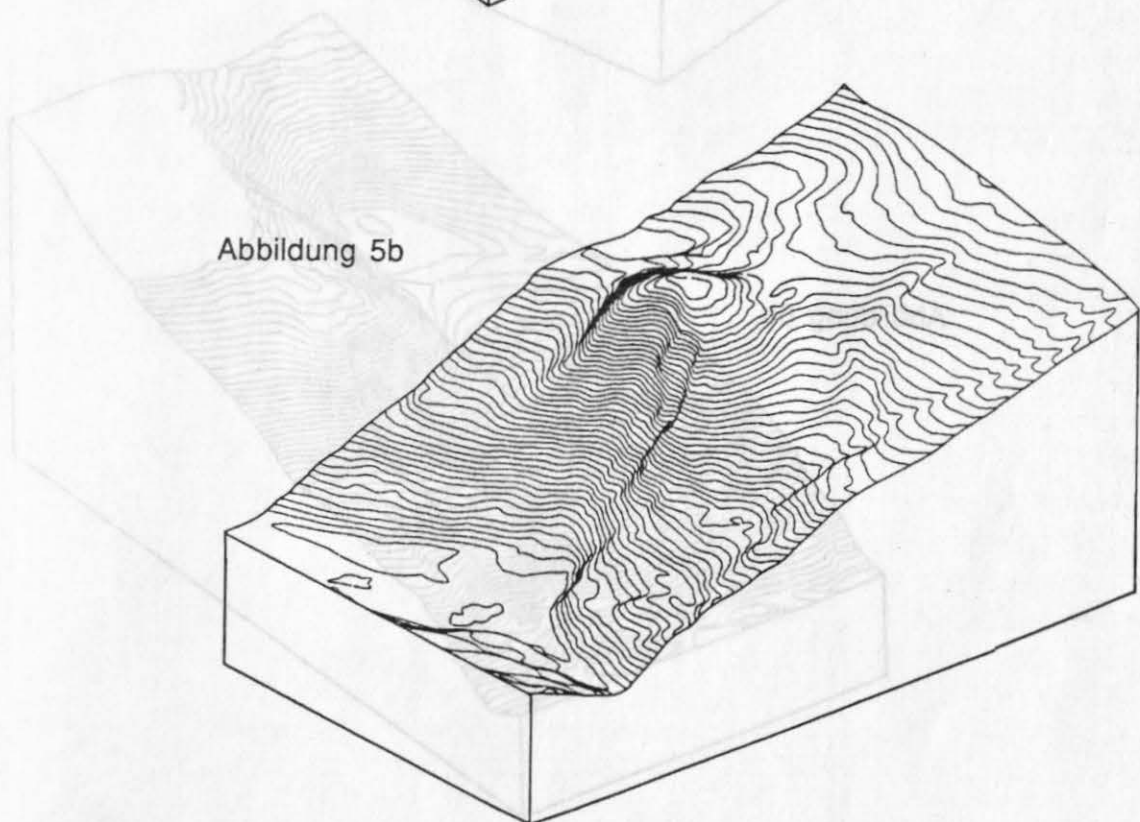


Abbildung 5b

Abbildung 5a/b: Perspektivische Ausschnittsvergrößerung eines Seamount im Anfangsstadium seiner Subduktion.

Die Tiefenlinien wurden aus der Hydrosweepkarte digitalisiert (siehe Abbildung 4, rechter Detailplan) und mit einem PC geplottet.

5a - Blickrichtung von Westen

5b - Blickrichtung von Süden

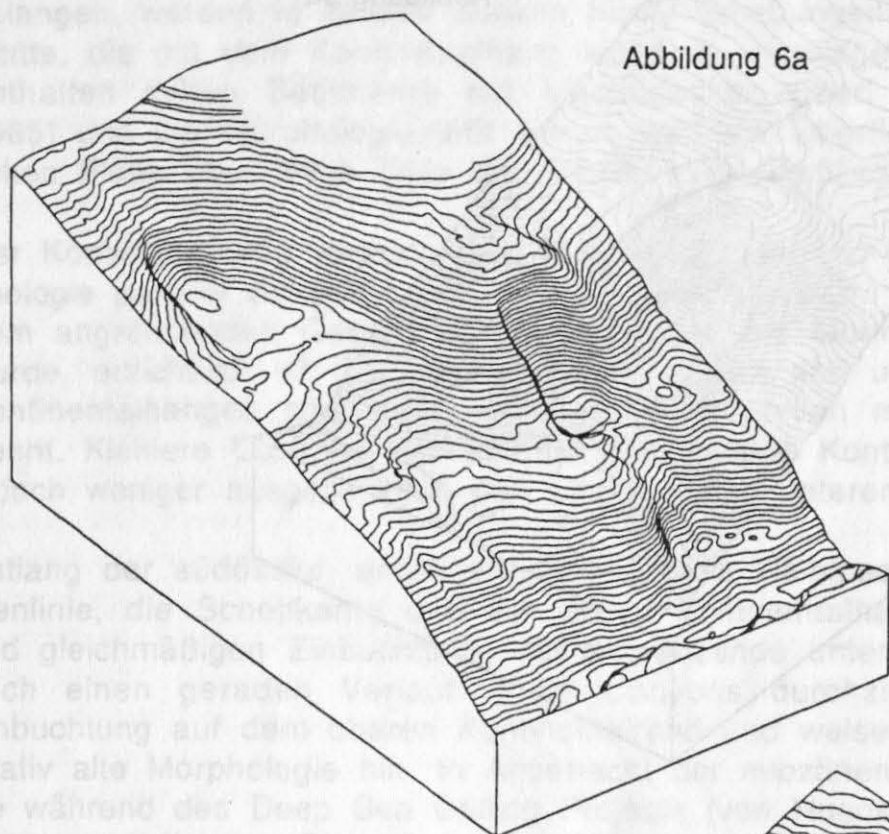


Abbildung 6a

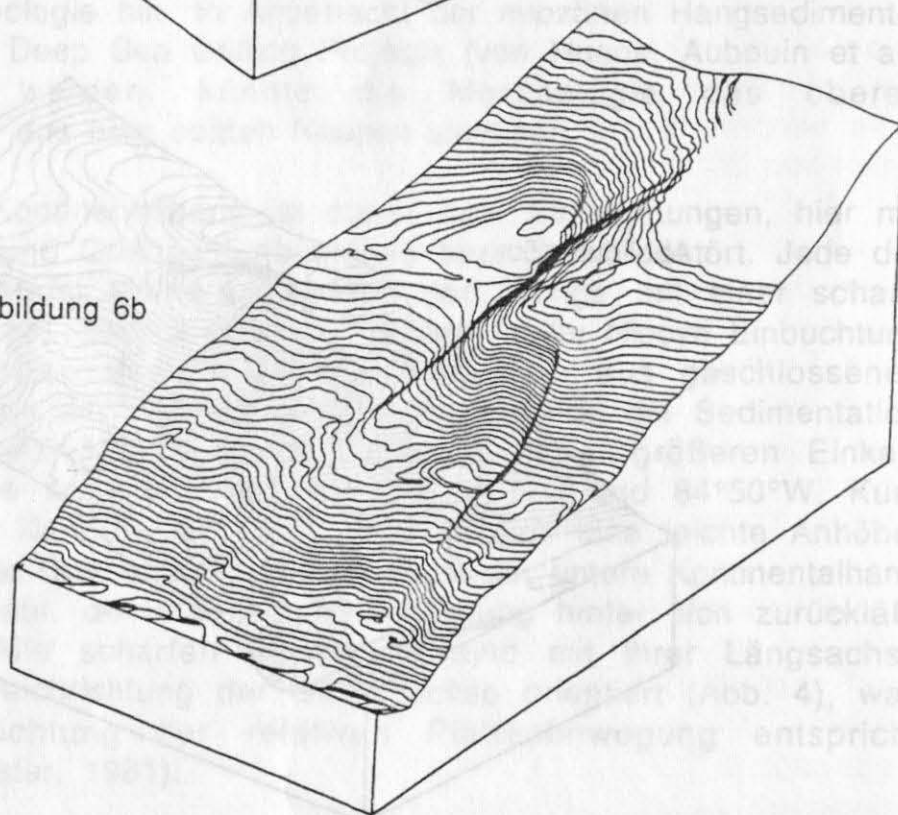
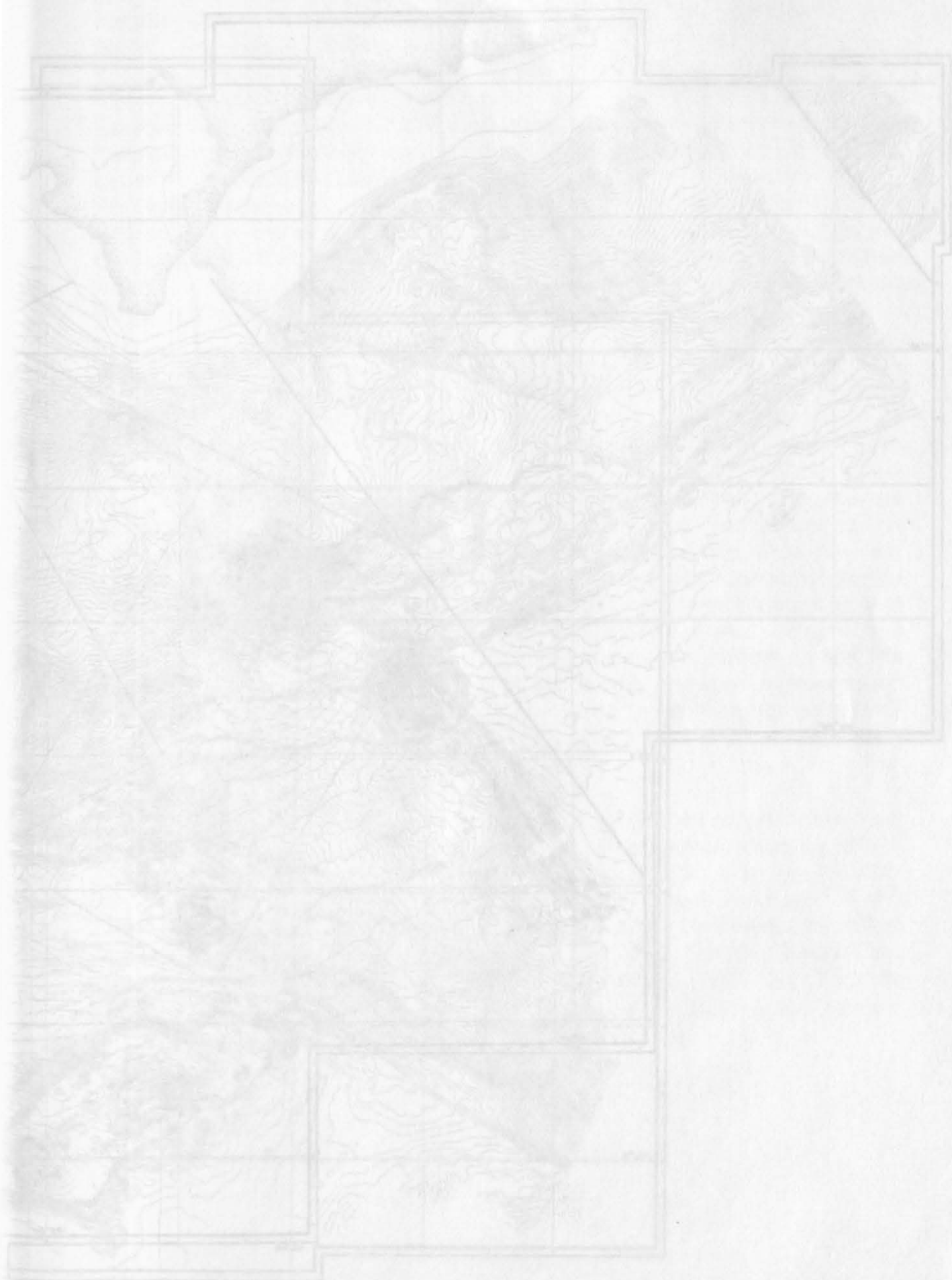


Abbildung 6b

Abbildung 6a/b: Perspektivische Ausschnittsvergrößerung zweier Seamounts im mittleren bzw. fortgeschrittenen Stadium ihrer Subduktion. Die Tiefenlinien wurden aus der Hydrosweepkarte digitalisiert (siehe Abbildung 4, linker Detailplan) und mit einem PC geplottet.
6a - Blickrichtung von Westen
6b - Blickrichtung von Süden

Abbildung 4: Karte der Hydrosweep-Vermessung des Kontinentalandes vor Costa Rica. Eingezeichnet sind die rektationseismischen Profile und die Lokationen der perspektivischen Ausschnittsvergrößerungen.



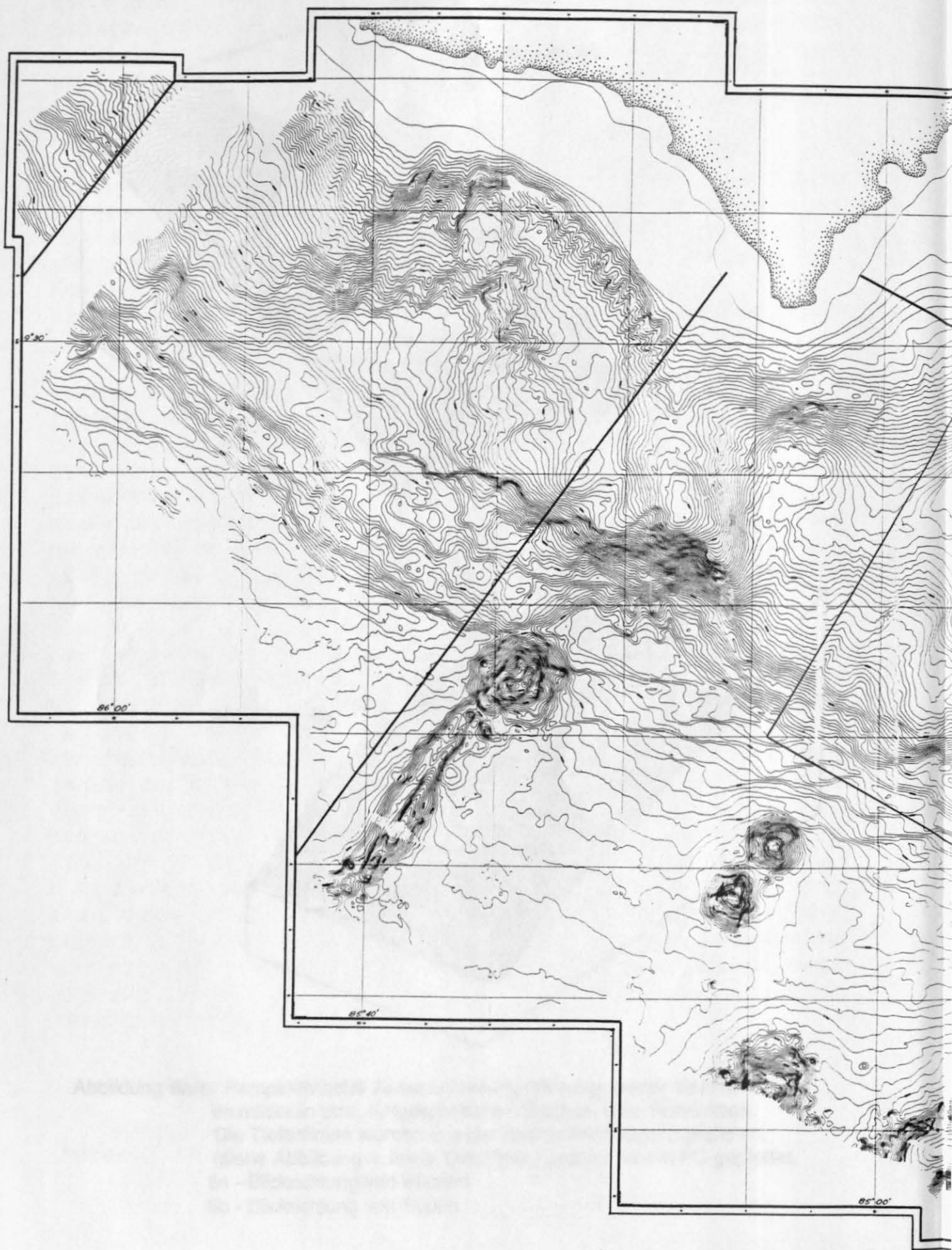


Abbildung 4: Karte der Hydrosweep-Vermessung des Kontinentalrandes vor Costa Rica. Eingezeichnet sind die refraktionsseismischen Profile und die Lokationen der perspektivischen Ausschnittsvergrößerungen.

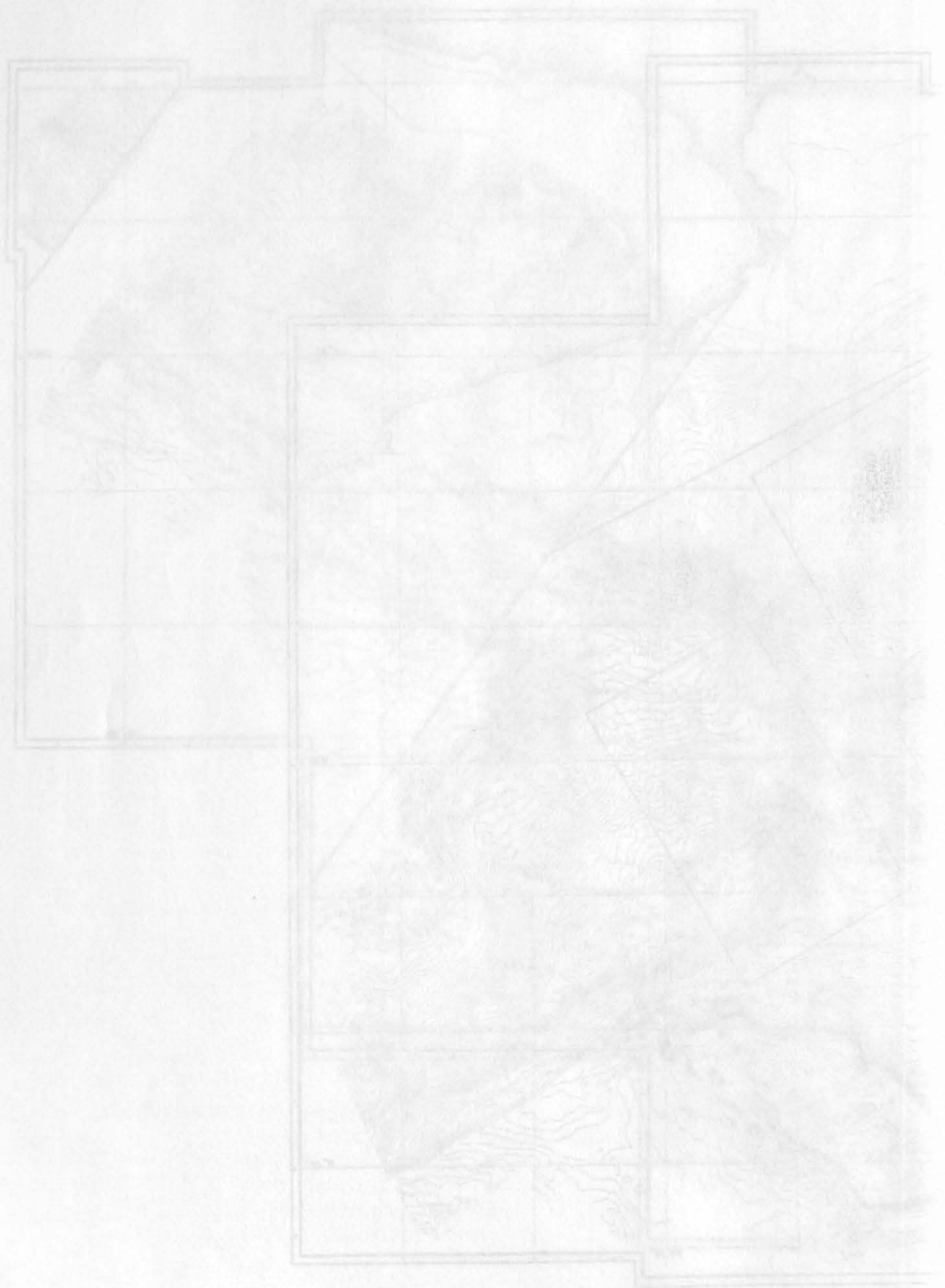


Abbildung 4: Karte der Hydroweep-Vermessung des Hydrographischen Dienstes der Ozeanica. Eingezeichnet sind die rektifizierten Vermessungsflächen und die Lokationen der perspektivischen Aufnahmen.

Diese ungewöhnlichen kleinräumigen und scharfen Einbuchtungen können am besten als Spuren von Seamounts interpretiert werden, die mit der kontinentalen Platte kollidiert sind und die obere Platte bis zu der Stelle "eingerissen" haben, an der sie unter die Gesteine des Kontinentalhanges subduziert wurden. Die Parallelität zu der Konvergenzrichtung, die konstante Breite, der lineare Verlauf und die abgeschlossenen Senken all dieser Einschnitte sind durch Oberflächenerosion von Turbiditströmen, Narben von Hangrutschen oder transversale tektonische Deformation schwierig zu erklären. Mehrere Stadien dieses Prozesses können hier beobachtet werden, vom Eintritt des Fisher Seamounts in die Grabenachse über die erste Stufe der Subduktion in der Quepos Einbuchtung, bis zu dem unter dem Vorsprung begrabenen Seamount, dessen Gipfel noch immer hoch genug ist, um einen leichten Hügel auf dem Kontinentalrand hochzudrücken.

Der bereits subduzierte Teil der Platte war wahrscheinlich der ozeanischen Platte, wie sie in der Tiefsee beobachtet werden kann, sehr ähnlich. Zur Zeit befinden sich drei Seamounts auf der seewärtigen Seite des Grabens. Bei einer Konvergenzrate von 9 cm pro Jahr (McNally und Minster, 1981) sollten diese bereits in 10 000 bis 15 000 Jahren dabei sein, die Gesteine der kontinentalen Platte einzukerben. Die längste mutmaßliche Spur eines Seamounts wurde bei dieser Konvergenzrate in weniger als einer halben Million Jahren geschaffen, was klar mit ihrer scharfen Morphologie in Einklang steht. Die Nicoya und Quepos Einbuchtungen sind daher vermutlich die morphologischen Merkmale einer tektonischen Erosion durch topographisches Relief auf der ozeanischen Platte. Diese Erklärung stimmt mit der Analogie von hohem Relief auf der ozeanischen Platte und rauher Morphologie auf der kontinentalen Platte überein. Diese Morphologie Costa Ricas ist ein einzigartiges Beispiel des Einflusses des Reliefs der ozeanischen Platte auf die Morphologie der kontinentalen Platte.

Im Verlauf der 35 Tage auf See wurden zur Hydrosweep Aufzeichnung 8500 Profilkilometer zurückgelegt (Abb. 2). Aus diesen Daten sind 16 Detailkarten im Maßstab 1 : 100 000 entstanden (Abb. 2). Die Isolinien sind in einem Abstand von 20m ermittelt worden, basierend auf einem Gitter von 120 m Kantenlänge (Abb. 4). Ein zweiter Kartensatz mit 50 m Isolinienabstand wurde im Maßstab 1 : 250 000 erstellt. Beide Sets liegen in farbiger und schwarz-weißer Darstellung vor. Das kartierte Gebiet erreicht eine Ausdehnung von 20 236 km². Der hierfür verwendete Zeitaufwand beträgt etwa 56 % der Schiffszeit.

Geologische Beprobung (aus dem Bericht der Arbeitsgruppe Emeis)

Dredgen in zwei Gebieten, deren Relief tektonische Hebungsbewegungen als Folge der Kollision von Seamounts mit dem unteren Kontinentabhang impliziert, lieferte Gesteinsproben dreier Lithologien: Die erste ist eine vulkanische Brekzie, deren chemische Affinität und Alter noch zu bestimmen sind. Die zweite ist ein fossilfreier Sandstein/Siltstein in Turbiditfazies. Er enthält keine opalschaligen Mikrofossilien und ist daher möglicherweise prä-miozänen Alters (in Analogie mit anderen Gebieten des östlichen Pazifik wird angenommen, daß die Opalproduktivität über den Kontinentalrändern im Miozän begonnen hat). Schließlich wurden noch verfestigte, massive opal- und glasreiche Siltsteine, vermutlich post-miozänen Alters, gefunden. Die gedredgten Proben sind entweder frisch gebrochen oder sind gerundete, teilweise angebohrte Blöcke mit Oxidationsrändern und Oxidkrusten.

Sedimentkerne wurden in Wassertiefen gewonnen, die ein Profil über dem Schelf, Kontinentabhang, kleine Sedimentbecken entlang der Grabenachse und die ozeanische Kruste auf der Cocos Platte bilden. Auf der Cocos Platte gelang es ein 15,2 m langes Kolbenlot zu gewinnen. An der Basis dieses Profils fanden wir Nannofossilkreide aus dem späten Pliozän, die konkordant von karbonatarmen, opalreichen Schichten überlagert ist. Diese Abfolge belegt den Übergang dieses Sektors der Cocos Platte aus einer pelagischen Sedimentprovinz in ein Gebiet, das durch küstennahes Upwelling charakterisiert wird. Die Sedimentation von hemipelagischen, opal- und aschereichen Sedimenten in der Grabenachse ist unterbrochen von vitrischen Turbiditserien und Ascheschichten. Sie sind teilweise invers gradiert. Außerdem fanden wir Lagen kieseliger bis grobsandiger, teilweise gradiertter Intervalle kaum abgerundeter Gesteinsbruchstücke verschiedenen Ursprungs. Die hemipelagischen, autochthonen Intervalle der Grabensektionen enthalten bis zu 10% kalkige Mikrofossilien. Die Kerne auf dem landwärtigen Hang, dem Schelf und dem Gipfel eines Seamounts deuten an, daß der hier untersuchte Abschnitt des Kontinentalrandes von Bodenströmungen beeinflusst ist und daß die Sedimentationsraten im Spätpleistozän niedrig waren, was während dieser Fahrt untersucht wurde, im späten Miozän tiefer lag. Die vorherrschende Lithologie hier ist ein toniger Silt reich an vulkanischem Glas, Diatomeen, Radiolarien und Schwammnadeln.

Magnetische Anomalien

Simultan mit Hydrosweep wurde die Gesamtstärke des Erdmagnetfeldes mit einem EG&G G866-Protonenpräzisionsmagnetometer (ausgeliehen vom BSH, Hamburg) aufgezeichnet. Diese Werte konnten an Bord nur als Rohdaten mit eigens dafür während der Fahrt geschriebenen Programmen dargestellt werden. Dort wo die ozeanische Platte bereits subduziert wurde, können Ost-West streichende magnetische Anomalien, die in Zusammenhang mit der am Cocos-Nazca Ridge gebildeten ozeanischen Kruste stehen, beobachtet werden. Diese Anomalien enden an einem Ausläufer des quer dazu verlaufenden Nicoya Ridge, der als breite Anomalie mit einem Maximum nahe dem Fisher Seamount erscheint. Da die ozeanische Platte zum Land hin abtaucht, nimmt die Amplitude der Anomalien in konsistenter Weise mit der größeren Entfernung, d.h. mit der größeren Tiefe, vom Meßgerät ab. Es ist klar, daß der Nicoya Ridge eine bereits subduzierte Fortsetzung, zumindest bis zum Schelf, besitzt. Die steil vom Graben aufragende Bank entlang dieser transversalen Grenze könnte einer leichten positiven Anomalie entsprechen; die Rohdaten zeigen jedoch keinen starken Hinweis, um die Behauptung, daß die Bank durch einen subduzierten Seamount erzeugt wurde, zu unterstützen.

Einleitung

Die Fahrt SO76 wurde vom 12. bis 13.01.92 unterbrochen, um in Caldera, Costa Rica, die an Bord befindlichen Geologen abzusetzen und den OBH-Container an Bord zu nehmen. Gleichzeitig trafen hier Herr Dr. Flüh (Antragsteller OBH) und Herr Bergmann (Techniker, GTG Kiel) ein. Herr Bergmann wurde von der GTG angemietet um die OBH an Bord technisch zu betreuen. Im Rahmen des Fertigungsauftrages an die GTG, hat er im Vorfeld bereits umfangreiche Arbeiten zur Entwicklung und Konstruktion der Geräte durchgeführt. Herr Flüh konnte nur für vier Tage an Bord bleiben und an dem ersten Zusammenbau des Systems und den ersten Einsatztests mitwirken. Anschließend wurde er an Land gesetzt, um die parallelen Landmessungen mit Refraktionsapparaturen zu leiten. Gleichzeitig trafen auch die Airgun-Techniker Dave Hogg und Hal Williams vom USGS in Caldera ein. Ihre Geräte waren bereits in Balboa als Luftfracht an Bord gekommen, da ursprünglich bereits zwei Wochen früher in Mexiko ein seismisches Profil gefahren werden sollte.

Nach der Bewilligung des Vorhabens seitens des BMFT wurden im September 1992 die ersten Finanzmittel für den Bau von 10 OBH bereitgestellt. Durch die tatkräftige Unterstützung aller beteiligten Institute und Firmen konnten alle wesentlichen Komponenten innerhalb von 2 Monaten angefertigt werden. Zwei Tage vor Absendung des Materialcontainers für die Reise SO76 traf die Registrierelektronik ein. Trotz aller Bemühungen mußten wichtige Einzelteile (Logikplatine für die Abspielanlage, Werkzeuge für den Zusammenbau der Komponenten) per Luftfracht nachgeschickt werden. Für Tests jeglicher Art an einem kompletten System war keine Gelegenheit, die Geräte wurden vielmehr an Bord zum ersten mal komplett zusammengesetzt.

Dementsprechend mußten vor der Durchführung der ersten seismischen Messungen einige Tests zur Erprobung durchgeführt werden. Der Bericht über den ersten Einsatz der digitalen OBH erhält dadurch im wesentlichen einen technischen Charakter.

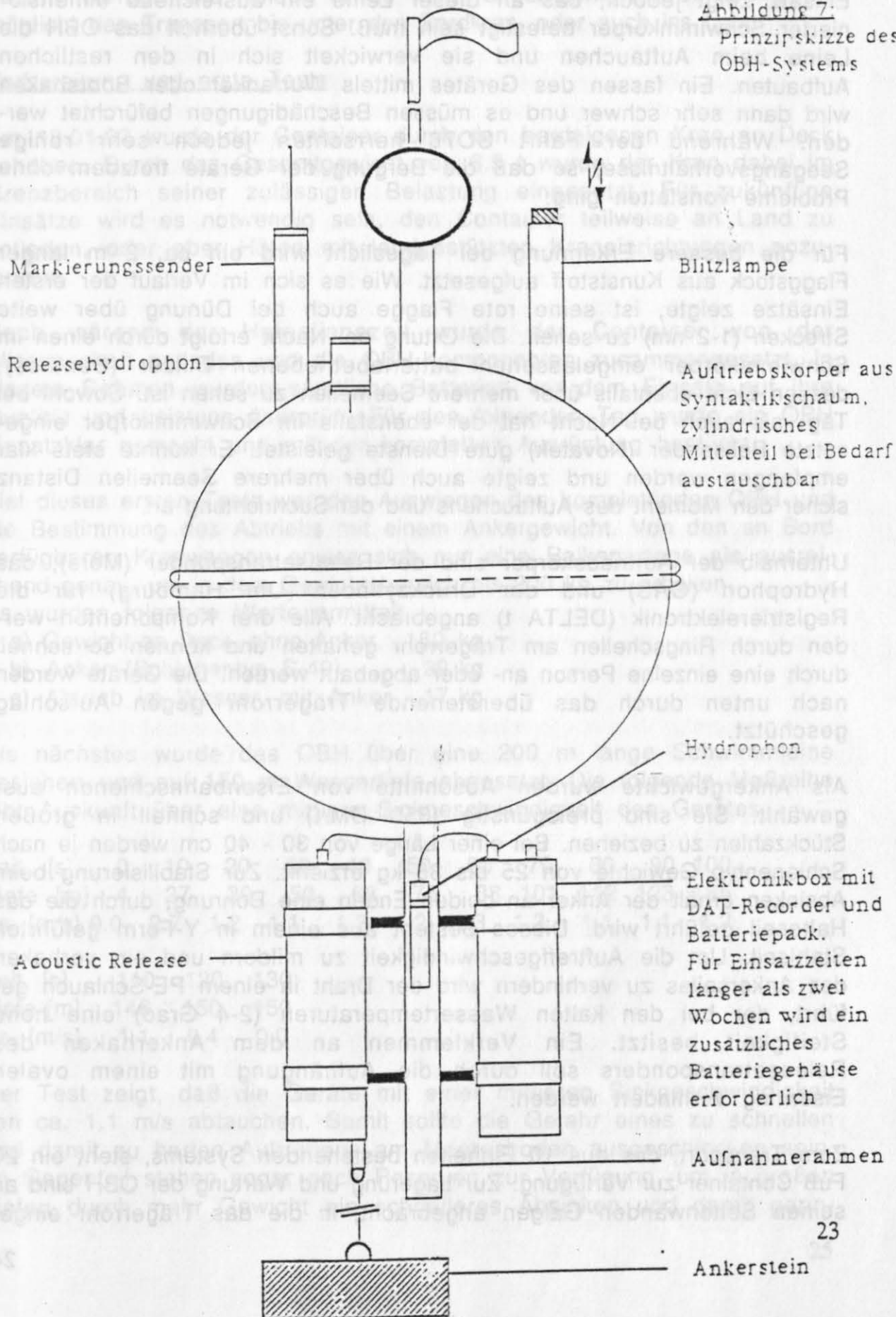
Die Systemkomponenten des OBH

Das OBH System wird aus drei Hauptkomponenten gebildet (Abb. 7). Erstens ist ein zentrales Trägerrohr vorhanden, an dem alle weiteren Komponenten angebracht werden. Die Auftriebskörper sind an der Spitze dieses Rohres drehbar angebracht. Sie bestehen aus syntaktischem Schaum, der mit einer GFK Beschichtung gegen mechanische Beschädigung gesichert ist. Hersteller ist eine St. Petersburger Firma. Die Schwimmkörper bestehen aus zwei Halbkugeln mit je 35 kg Auftrieb und zwei zwischengeschobenen Kreisscheiben von je 4 kg Auftrieb. Zur

Erleichterung der optischen Ansprechbarkeit des Gerätes im Meer sind die Auftriebselemente in signal-gelber Farbe gestrichen.

Abbildung 7
Skizze des OBH

Abbildung 7:
Prinzipskizze des
OBH-Systems



Den oberen Abschluß der Tragekonstruktion bildet ein gewalzter Ring von 35 cm Durchmesser, der zum Transport und Anhängen an den Kran gedacht ist. An diesem Ring wird außerdem eine Schwimmleine befestigt, die ein leichteres bergen von Bord aus ermöglichen soll. Der Einsatz zeigt jedoch, daß an dieser Leine ein ausreichend dimensionierter Schwimmkörper befestigt sein muß. Sonst überholt das OBH die Leine beim Auftauchen und sie verwickelt sich in den restlichen Aufbauten. Ein fassen des Gerätes mittels Wurfanker oder Bootshaken wird dann sehr schwer und es müssen Beschädigungen befürchtet werden. Während der Fahrt SO76 herrschten jedoch sehr ruhige Seegangsverhältnisse, so daß die Bergung der Geräte trotzdem ohne Probleme vonstatten ging.

Für die bessere Erkennung bei Tageslicht wird ein ca. 2 m langer Flaggstock aus Kunststoff aufgesetzt. Wie es sich im Verlauf der ersten Einsätze zeigte, ist seine rote Flagge auch bei Dünung über weite Strecken (1-2 nm) zu sehen. Die Ortung bei Nacht erfolgt durch einen im Schwimmkörper eingelassenen batteriebetriebenen Blitzer (Benthos), dessen Licht ebenfalls über mehrere Seemeilen zu sehen ist. Sowohl bei Tag, als auch bei Nacht hat der ebenfalls im Schwimmkörper eingesetzte Peilsender (Novatek) gute Dienste geleistet. Er konnte stets klar empfangen werden und zeigte auch über mehrere Seemeilen Distanz sicher den Moment des Auftauchens und der Suchrichtung an.

Unterhalb der Auftriebskörper sind der Releasetransponder (Mors), das Hydrophon (OAS) und der Druckzylinder (Uni Hamburg) für die Registrierelektronik (DELTA t) angebracht. Alle drei Komponenten werden durch Ringschellen am Trägerrohr gehalten und können so schnell durch eine einzelne Person an- oder abgebaut werden. Die Geräte werden nach unten durch das überstehende Trägerrohr gegen Aufschlag geschützt.

Als Ankergewichte wurden Abschnitte von Eisenbahnschienen ausgewählt. Sie sind preisgünstig (350 DM/t) und schnell in großen Stückzahlen zu beziehen. Bei einer Länge von 30 - 40 cm werden je nach Schientyp Gewichte von 25 bis 35 kg erzielt. Zur Stabilisierung beim Absinken erhält der Anker an beiden Enden eine Bohrung, durch die das Halteseil geführt wird. Dieses besteht aus einem in Y-Form geführten Stahlseil. Um die Auftreffgeschwindigkeit zu mildern und ein Verhaken des Ankerseiles zu verhindern wird der Draht in einem PE-Schlauch geführt, der bei den kalten Wassertemperaturen (2-4 Grad) eine hohe Steifigkeit besitzt. Ein Verklemmen an dem Ankerhaken des Releasetransponders soll durch die Aufhängung mit einem ovalen Eisenring verhindert werden.

Zum Transport, des aus 10 Einheiten bestehenden Systems, steht ein 20 Fuß Container zur Verfügung. Zur Lagerung und Wartung der OBH sind an seinen Seitenwänden Galgen angebracht, in die das Trägerrohr einge-

hängt wird. Eine Fußhülse am Boden verhindert ein Schwingen des Gestänges während des Transports, bzw. bei Seegang an Bord. Um die ca. 150 kg schweren Geräte bewegen zu können wurde ein einfacher Werkstattkran angeschafft, der über eine Handhydraulik zum Heben von Lasten verfügt. Die, leider etwas klein dimensionierte, Bereifung ermöglicht den Transport bis unter den Bordkran, oder auch ins Labor.

Vorbereitung und erste Tests

Am 13.01.92 wurde der Container durch den bordeigenen Kran an Deck gehoben. Durch das Gesamtgewicht von 6.5 t wurde der Kran dabei im Grenzbereich seiner zulässigen Belastung eingesetzt. Für zukünftige Einsätze wird es notwendig sein, den Container teilweise an Land zu entladen, oder aber Häfen mit landgestützten Kraneinrichtungen anzulaufen.

Noch während der Hafenliegezeit wurde der Container von der Wissenschaft entladen und die OBH-Komponenten zusammengesetzt. In diesem Rahmen wurden sämtliche Batterien vor dem Einsatz auf ihre Qualität und Leistung überprüft. Für den folgenden Tag wurde ein OBH einsatzklar gemacht und mit der kompletten Ausrüstung bestückt.

Ziel dieses ersten Tests war das Auswiegen des komplettierten OBH und die Bestimmung des Abtriebs mit einem Ankergewicht. Von den an Bord verfügbaren Kranwaagen erwies sich nur eine Balkenwaage als ausreichend genau, um in dem Gewichtsbereich bis 200 kg zu arbeiten.

Es wurden folgende Werte ermittelt:

- a) Gewicht an Deck, ohne Anker 150 kg
- b) Anker (Schientyp S-49) 29 kg
- c) Abtrieb im Wasser, mit Anker 17 kg

Als nächstes wurde das OBH über eine 200 m lange Schwimmleine gesichert und auf 150 m Wassertiefe abgesetzt. Die folgende Meßreihe gibt Auskunft über eine mittlere Sinkgeschwindigkeit des Gerätes

Zeit [s]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tiefe [m]	4	27	39	50	63	75	88	101	112	123	135
Vs [m/s]	0.0	2.7	1.2	1.1	1.3	1.2	1.3	1.3	1.1	1.1	1.2

Zeit [s]	110	120	130
Tiefe [m]	146	150	150
Vs [m/s]	1.1	0.4	0.0

Der Test zeigt, daß die Geräte mit einer mittleren Sinkgeschwindigkeit von ca. 1.1 m/s abtauchen. Somit sollte die Gefahr eines zu schnellen und damit zu harten Auftreffens am Meeresboden ausgeschlossen sein. Im Gegenteil stehen sogar noch Reserven zur Verfügung, um in großen Tiefen durch mehr Gewicht ein schnelleres Absinken und damit gerin-

geres Vertreiben zu erreichen. Von anderen Anwendern (Uni Hamburg) ist bekannt, daß sie ihre Geräte mit etwa 1.5 m/s zu Boden schicken.

Das an Bord verbliebene Seilende wurde durch eine Boje markiert und ebenfalls ausgesetzt, um dem Schiff das freie Manövrieren zu erlauben. Aus größerer Distanz wurde dann ständig die Entfernung zu dem Gerät über die Deckeinheit des Transpondersystems gemessen. Alle Signale von Bord wurden beantwortet und entsprachen den erwarteten Werten. Aus sicherer Entfernung wurde anschließend das Kommando zum öffnen des Ankerhakens gegeben. Auch dieses Kommando wurde sofort bestätigt und ausgeführt. Durch erneute Entfernungsmessungen konnte das Aufsteigen beobachtet werden.

Zeit [s]	0	5	10	15	20	30	35
Tiefe [m]	216	208	204	198	192	186	186
Vs [m/s]	0	1.6	0.8	1.2	1.2	1.2	0.0

Die Tabelle zeigt eine Steigrate von etwa 1.2 m/s, spätere Beobachtungen im Einsatz zeigen aber in der Regel eine Steigrate von sogar 2 m/s an. Offensichtlich ist die Drift des Schiffes zu groß gewesen, um den exakten Wert zu erfassen.

Dem OBH war eine bereits an Deck gestartete Registriereinheit mitgegeben worden, um durch die Druckwellen beim Einsetzen, Sinken und Auftreffen am Boden eventuell später die Sink- und Steiggeschwindigkeit zu bestätigen. Leider waren bei der Abspielung nur Noisesignale zu erkennen, deren zeitliche Zuordnung mit der Vorbereitung an Deck zusammenfällt. Die Aufzeichnung im Wasser fehlt völlig.

Um zu erkennen, ob es sich hier um einen Einzelfall handelt und wie die Verstärkungsfaktoren zu wählen sind, sollten im folgenden alle neun OBH auf kleinem Raum ausgesetzt werden und eine kurze Überfahrt mit zwei Airguns erfolgen. Mit diesem Sammeltest der OBH's konnte gleichzeitig das Aussetzen der Guns und die Leistungsfähigkeit der Kompressoren geprüft werden.

Das zehnte Gerät konnte nicht eingesetzt werden, da diese Einheit ohne Aluminium-Druckzylinder ausgestattet ist. Mit diesem System sollte erstmals ein Glasgehäuse als Druckzylinder für die Elektronik getestet werden. In der Vorbereitungsphase haben sich aber in der Konstruktion des Gehäuses Probleme mit der Druckstabilität bei Einsattiefen von 6000 m ergeben. Der Zulieferer konnte erst zum Hafenstopp in Caldera zwei Testzylinder liefern. Um die Glasgehäuse sicher am Auftriebskörper zu befestigen muß aber erst eine spezielle Aufhängung konstruiert werden. Diese Arbeiten sollten, wenn möglich, in den Wartezeiten zwischen den einzelnen Profilen durchgeführt werden.

Bedingt durch die später geschilderten Probleme mußten diese Versuche aber ausfallen.

Um sicher zu gehen, daß die Transponder alle einwandfrei arbeiten, wurden bei allen Einheiten die Batterien erneuert und jedes Gerät an Deck mehrfach zum Auslösen des Ankerhakens aufgefordert, was jedesmal sofort erfolgte und quittiert wurde. Zusätzlich wurde am Kranhaken eine 100 m lange Sipleine befestigt, mit deren Hilfe die OBH auf ca. 50 m Wassertiefe abgesenkt wurden. Erst wenn sie auch hier auf die Entfernungsmessung angesprochen haben sind die Geräte freigegeben worden.

Bei einem Transponder wurde nach dem Freigeben eine Fehlfunktion festgestellt, das Gerät antwortete nicht mehr auf die Signale der Deckseinheit. Das sofort mehrfach abgesetzte Kommando zum auslösen des Ankers wurde nicht beantwortet, obwohl dessen Funktion an Bord mehrfach geprüft worden war. Da sich das vorher abgesetzte Gerät aber noch ansprechen ließ, wurde mit erhöhter Vorsicht weiter ausgesetzt. Alle weiteren Systeme haben stets auf die Signale geantwortet und ließen sich auch am Boden weiter verfolgen. Gelegentliche unrealistische Entfernungswerte blieben dabei in der Minderzahl. Die Beobachtung des Transducers der Bordeinheit zeigte dabei eine deutliche Korrelation zwischen Fehlversuchen und Abweichungen von der lotrechten Ausrichtung des Schwingerkopfes. Unsicherheit kam auf, als das vorletzte Gerät zunächst bis zum Meeresboden verfolgt, dann aber von der letzten Absetzposition nicht mehr erreicht werden konnte. Bei einem Abstand von nur etwa 200 m zwischen jedem Gerät hätte dies aber der Fall sein sollen, zumal bis auf das bereits stumm abgetauchte Gerät alle anderen noch zu erreichen waren.

Im folgenden wurden von den drei einsatzbereiten Airguns zwei zu Wasser gelassen und ein Kurzprofil über die Auslage gefahren. Für den späteren Einsatz waren bereits drei Kanonen vorbereitet worden. Um ein optimales Signal zu erzielen, wird vom USGS ein getuntetes Array eingesetzt, dessen einzelne Kammern unterschiedliche Volumina besitzen. Es standen eine 720 inch³ (=11.8 l), eine 860 inch³ (=14.1 l) und eine 1000 inch³ (= 16.4 l) fassende Kanone bereit. Für die Dauer von etwa einer Stunde wurden die 720 inch³ und die 1000 inch³ fassende Bolt-PAR Airgun im 30 s Abstand ausgelöst. Die Druckluftversorgung war ausreichend, so daß der Einsatz einer zweiten 700 inch³ fassenden Airgun auf den seismischen Profilen problemlos erfolgen konnte, zumal die Schußrate dann auf höchstens eine Minute herabgesetzt werden sollte.

Nach Ablauf der Überfahrt wurden die Kanonen an Bord genommen und die OBH der Reihe nach ausgelöst. Bis auf die Geräte auf den Positionen zwei und acht konnten alle sofort angesprochen und ausgelöst werden. Da die Bergung in den Abendstunden begann, wurden das erste Gerät noch bei Helligkeit an die Oberfläche geholt. Der Peilsender konnte sofort

nach dem Auftauchen geortet werden. Durch Beobachter auf Brücke und Peildeck wurde das OBH gleichzeitig optisch geortet. Bei dem geringen Seegang konnten der gelb leuchtende Schwimmkörper und die rote Fahne schnell und gut ausgemacht werden. Kapitän Bruns führte das Schiff sehr feinfühlig an den Schwimmkörper heran, der dann von Bord aus mit einem Bootshaken eingefangen wurde. Für den besseren und sicheren Ablauf ist es aber notwendig, eine lange Schwimmleine mitzugeben, die durch einen Auftriebskörper geführt von dem Gerät wegtreiben kann. Nach dieser Leine kann dann mit einem Wurfanker gezielt werden und damit ein größerer Abstand zur Bordwand eingehalten werden. Dies bedeutet gerade bei schwerer See eine notwendige Sicherheit für Gerät und Mannschaft.

Auf der zweiten Position war jenes OBH ausgelegt worden, dessen Transponder nach der Loslösung vom Schiff nicht mehr geantwortet hatte. An dieser Stelle wurde über einen Zeitraum von zwei Stunden versucht den Transponder anzusprechen. Dabei wurden sowohl die GEOMAR eigene Deckseinheit eingesetzt, als auch das Ersatzgerät der GTG. Durch einen Wechsel der Transducer wurde versucht eine bordseitige Fehlbedienung auszuschalten. Unter einer Vielzahl unrealistischer Werte traten immer wieder sinnvolle Werte und Quittierungen des Auslösesignals auf. Aus diesem Grund wurde ständig die Entfernungsmessung und das Auslösekommando mit der Deckseinheit abgesetzt. Zwischenzeitlich konnte die Peilantenne ein schwaches rythmisches Signal auffangen. Obwohl das Signal deutlich schwächer war als bei dem ersten aufgefundenen OBH entschieden wir uns der Peilung nachzugehen, um ein mögliches Abtreiben zu verhindern. Immerhin sind auf den Profilmfahrten zur Kartierung mit Hydrosweep Strömungen bis zu einem Knoten beobachtet worden. Doch auch nach einer Fahrtzeit von 20 Minuten konnte kein OBH in der mittlerweile eingetretenen Dunkelheit ausgemacht werden. Das empfangene Peilsignal wurde ebenfalls nicht stärker, obwohl das Schiff sich ständig in die ermittelte Richtung bewegte. Wir mußten später feststellen, daß das Signal mit der Drehzahl der Radarantenne korreliert. Nach einer Suchzeit von etwa einer Stunde wurde die Unternehmung abgebrochen und die restlichen OBH nach einander ausgelöst.

Die Systeme auf den Positionen drei bis sieben meldeten sich sofort und tauchten mit Abweichungen von maximal 200 m auf der Absetzposition auf. Nachdem ein Gerät direkt neben der Bordwand an die Oberfläche kam, entschieden wir uns dazu, die Geräte aus größerer Entfernung auszulösen. Das Risiko durch eine Kollision mit dem Schiff weitere Verluste einzubüßen erschien zu hoch. Durch die sehr hell und weit strahlenden Blitzer konnten alle Geräte sofort entdeckt werden. Auch die Kontrolle mit der Peilantenne zeigte auf allen vier Frequenzen ein klares Signal. Das auf dem Suchkurs verfolgte Signal wurde hierdurch immer wieder als Störung bestätigt.

Probleme breitete das OBH auf der Position acht. Nach dem Auslegen konnte es noch von der Aussetzstelle des letzten (neunten) OBH angerufen werden und eine Entfernungsbestimmung durchgeführt werden. Jetzt, ca. 6 Stunden später, konnte kein Kontakt mehr hergestellt werden. Erneut wurden die Signale der Deckseinheit mit einer Mischung aus unsinnigen und möglichen Angaben beantwortet. Über einen Zeitraum von einer Stunde haben wir versucht das Gerät anzusprechen. Da von den Beobachtern auf dem Peildeck aber weder ein Lichtblitz, noch ein Peilsignal zu erkennen war wurden die Versuche eingestellt, mit dem Ziel am nächsten Tag die Suche wieder aufzunehmen. Das neunte und letzte OBH löste wieder in gewohnter Weise aus.

Zwischenzeitlich wurden die geborgenen Druckzylinder geöffnet und die Elektronik auf ihre Funktion überprüft. In den geringen Wassertiefen, hier bis ca. 300 m, ist offenbar nur ein geringer Temperaturgradient vorhanden, so daß die Systeme alle in handwarmem Zustand an Deck kamen. Ein Öffnen der Zylinder war sofort möglich, ohne die Gefahr von Kondenswasserbildung zu befürchten.

Bereits bei dem ersten Gerät (Recorder 9) wurden die gespannten Erwartungen enttäuscht. Mit dem PC sollte zunächst der Gang der internen Uhr überprüft werden. Das notwendige Skew Kommando wurde von dem Recordersystem aber nicht akzeptiert. Auch ein Versuch mit dem Kommando Dir die Datenblöcke auflisten zu lassen schlug fehl.

Als nächstes wurde der Methusalem Nr. 4 geborgen. Der Gang der Uhr wurde mit dem Skew Kommando auf 266 ms ermittelt. Anschließend konnten mit Dir 13 Blöcke gelistet werden. Von dem vorgegebenen Aufzeichnungsfenster von 18:00 bis 04:00 MEZ wurden lediglich in der Zeit von 18:52:28 bis 02:15:25 Datenblöcke auf Band geschrieben. Die einzelnen Blöcke umfassen eine Zeitspanne von etwa 32 Minuten, wie sie auch bei einem Kanal und 200 Hz Samplingrate erwartet werden. Ein Zeitvergleich ergab, daß die ersten drei Blöcke (Nr. 0-2) noch im Seismikcontainer aufgezeichnet wurden. Die hier und auch später noch öfter beobachteten Signale sind sehr hochfrequent und zeigen Amplituden, die sowohl zum Positiven, als auch zum Negativen hin übersteuern. Im weiteren wurde diese Signalfolge nur noch als "Containernoise" bezeichnet. Im vierten Block (Nr. 3) wird zum Zeitpunkt des Aussetzens (14:36 Bordzeit) ein starker Ausschlag (20:32:24 MEZ) beobachtet, den wir mit dem Wasserkontakt korrelieren. Um 20:33 MEZ springt die Zeitanzeige der Show-Abspielung auf 20:00 zurück. Gleichzeitig wird in dem Grafikfenster wieder Containernoise angezeigt. Bei der Anzeige von 20:23 tritt ein erneuter Sprung auf 19:51 auf, der ebenfalls mit der Darstellung von Containernoise begleitet wird. Der Block (Start bei 20:29:46 MEZ) endet mit 19:57:09 MEZ. Der folgende Datenblock trägt die Nummer 4 und beginnt mit 21:02:19 MEZ. Bis zum Datenblock Nr. 12 werden keine weiteren Besonderheiten beobachtet. Der Noisepegel am Meeresboden ist sehr gering, da nur eine

Verstärkungsstufe von 1 gewählt wurde. Die vier möglichen Gain-Einstellungen sind bei diesem Test über die Geräte verteilt eingestellt worden, um die Qualitätsunterschiede zu dokumentieren. In der Zeit von 23:05:41 bis 23:51:10 werden über drei Blöcke verteilt deutliche Signale von den Airgunschüssen beobachtet. Anschließend zeigt das Gerät wieder den ruhigen Pegel beim Verharren am Meeresboden. Im vorletzten Block (Nr. 12) tritt ein weiterer Zeitsprung auf, der vermutlich durch das Auslösen des Ankers verursacht wird. Um 01:47:00 springt die Anzeige auf 01:14 zurück. Der folgende Block (Nr. 13) zeigt wieder die typischen Signale, wie sie vor dem Aussetzen beobachtet wurden. Nach dem Öffnen des Zylinders ist die Methusalemereinheit noch im Aufnahmезustand. Da das Gerät auf den End-Befehl nicht reagiert, wird die Stromverbindung aufgetrennt und wieder geschlossen. Nach Angaben von Delta t, die im Fax vom 18.01.92 folgten, wird hierdurch die Ganggenauigkeit der Uhr gestört. Der eingebaute "hochgenaue Quarzoszillator arbeitet nur bei eingeschaltetem Gerät; sonst ist nur die mäßig genaue Batterie gepufferte Uhr in Betrieb." Aus diesem Grund wurden bei allen Abspielungen Taktabweichungen von mehreren 100 ms beobachtet. Nach Beachtung der konstanten Spannungsversorgung gingen die Werte in einen Bereich von 20 - 30 ms zurück.

Als nächstes wurde der Methu Nr. 8 geborgen und sofort untersucht. Die Kassette enthielt 15 Blöcke, deren Nummerierung mit eins beginnt, anstatt mit null. Aus dem vorgegebenen Zeitfenster (18:00-04:00 MEZ) sind erst ab 19:59:29 (Block 1) Daten aufgezeichnet worden. Die Startzeit von Blocknr. zwei, 20:32:02, wiederholt sich in allen Blöcken bis einschließlich Block 12. Erst der 13-te Block zeigt wieder eine "normale" Startzeit (02:29:44 MEZ). Die Airgunschüsse von 23:05 bis 23:51 MEZ sind natürlich nicht vorhanden.

Methusalem 6 wird mit einer sehr stark beanspruchten Batterie geborgen. Das Testgerät zeigt nur noch eine Leistung von 30 % an. Die eingelegte Kassette läßt sich zunächst nicht durch das Dir Kommando abspielen (Status: recorder error / end of tape). Nach mehrfacher Wiederholung von Dir kann dann der Block 13 abgespielt werden. Seine Signale werden als Containernoise analysiert.

Das Gerät 7 wird ebenfalls mit einer leeren Batterie geborgen. Dennoch sind auf der Kassette 15 Blöcke (1-15) aufgezeichnet. Die Qualität der Aufzeichnung ist wie bei Methu 8. In einigen Blöcken treten rückwärtige Zeitsprünge auf, die auch die Aufzeichnung der Airgunsignale stören. Die Zeitsprünge werden immer kurz nach einem starken Signalausschlag beobachtet.

Methu 2 hat abweichend von den anderen bereits mit Block 0 um 19:23:20 die Aufzeichnung begonnen. Insgesamt wurden 16 fortlaufend

nummerierte Blöcke geschrieben, die ebenfalls Zeitsprünge aufweisen. Detailliertere Angaben finden sich dazu auf den Einsatzprotokollen.

Die Abspielung der Aufnahmen von Methu 3 zeigt im Block 7 und 8 konstant die Registrierung der abgetanen Airgunschüsse.

Methu 5 zeigt bei seiner Rückkehr eine blinkende LED und kann erst nach Trennung von der Speisespannung durch die Software angesprochen werden. Auf der Kassette sind keine Daten vorhanden.

Zur Registrierung war auf allen Recordern die Softwareversion 1.40 geladen. Die Abspielanlage konnte trotz mehrerer Versuche nicht angesprochen werden und wurde daher mit der letzten Softwareversion 1.42 neu geladen. Anschließend konnten mit dem Dir Befehl einzelne Blöcke eingelesen werden und der Pufferinhalt über Show angezeigt werden. Das Show Kommando hat aber nie weitere Blöcke eingelesen, wie es in der Bedienungsanleitung beschrieben wird. Im Gegenteil, häufig muß das Methusalemgerät sogar neu gestartet werden, um wieder mit Dir einen weiteren Block einzulesen. Außerdem fehlt die Möglichkeit, das Gerät ebenso wie die OBS-Recorder ein- oder ausschalten zu können, um die Kassette zu wechseln. Dies geht nur durch ein- und abschalten der Speisespannung.

Die oben geschilderten Fehler in der Datenabspielung wurden sowohl unter der Version 1.40 mit dem Programm OBSEGA bei der Abspielung der OBH-Recorder beobachtet, als auch bei der Abspielung unter Version 1.42 mit dem Programm METHU von der Methusalem Station. Die von DELTA t geäußerte Vermutung, es könne durch einen Softwarefehler der Version 1.40 verursacht worden sein, ist dadurch widerlegt. Nach einer Information über Softwarefehler in den Versionen 1.40 und 1.41 sind alle Recorder sofort mit der Version 1.42 ausgestattet worden. Leider traf diese Nachricht erst am Abend des 18.01.92 an Bord ein, so daß die Recorder bis dahin mit der ausgelieferten Software betrieben wurden.

Während der Nacht vom 14. auf den 15.01.92 wurden die Kartierungsfahrten mit Hydrosweep fortgesetzt, so daß das Schiff in den Morgenstunden in der Trenchregion bei etwa 3500 m Wassertiefe stand. Nach eingehender Diskussion über die Ereignisse des vergangenen Abends wurde am 15.01.92 beschlossen den geplanten Tieftauchversuch mit einem OBH doch durchzuführen. Grundlage für diese Entscheidung war, daß alle Geräte, die beim Aussetzen angesprochen werden konnten, auch wieder aufgetaucht waren. Lediglich das OBH auf der Position 2 hat sofort nach dem lösen der Verbindung zum Schiff nicht mehr geantwortet und konnte auch nicht geortet werden. Die Rückmeldungen des Transponders auf Position 8 sind so verschieden ausgefallen, daß sein verbleiben auf dem Meeresboden ebenso wahrscheinlich erschien, wie die Möglichkeit ihn doch ausgelöst, aber nicht gefunden zu haben. Da zusätzlich die Fahrtzeit zur gestrigen Testposition ca. fünf Stunden

beträgt (bei 50000 DM Tagescharter => 12000 DM) und die gleiche Zeit für die Rückfahrt anzusetzen ist, wurde beschlossen, ein Gerät ohne Elektronik auszusetzen.

Einer der am Vortag zuverlässig ausgesetzten Transponder wurde mit neuen Batterien bestückt, obwohl Lasttest und Batterietester ausreichende Spannung und Kapazität anzeigten. Um den Test zur Ansprechbarkeit noch zu verbessern wurde das OBH mit einer 180 m langen Slipline am Kranhaken gehalten. Auf der Position 08:54.014 N und 84:56.0 W wurde das OBH 10 mit dem Transponder 10 bei 3529 m Wassertiefe ausgesetzt. Die Decksmannschaft hat das Gerät mit Hilfe der Slipline auf ca. 90 m Tiefe abgesenkt und auf die Freigabe von der Bordeinheit gewartet. Während dessen wurde der Transponder mehrfach angerufen. Dabei gewährte die Länge der Slipline eine sichere Kontrolle für die Entfernungsangaben des Systems. Diese Überprüfung der Funktionen ergab keinerlei Fehler, so daß das OBH auf Tiefe geschickt wurde.

Im folgenden haben wir alle 20 bis 30 Sekunden die Entfernung zum OBH gemessen. Die Antworten kamen stets fehlerfrei. Nach 2:30 Minuten hatte das Gerät eine Tiefe von 295 m erreicht. Die Messung zur Laufzeit 3:20 Minuten ist erstmals mit einer unsinnigen Tiefe quittiert worden. Daraufhin ist sofort eine zweite Anfrage abgesetzt worden, die mit 395 m beantwortet wurde. Dieser Wert lag damit wieder innerhalb der Erwartungen. Zur Kontrolle wurden die Messungen jetzt kurz hintereinander wiederholt, wobei sich vermehrt fehlerhafte Antworten einstellten. Um die weitere Kontrolle des Gerätes nicht zu verlieren wurde das Kommando zum Release des Ankersteines gegeben, das jedoch nicht quittiert wurde. Daraufhin ist die Bordeinheit ausgetauscht und mit dem Ersatzgerät weitergearbeitet worden. Aber auch mit dieser Einheit gelang keine kontinuierliche und fehlerfreie Meßreihe mehr. Die Entfernungswerte blieben weiterhin gestört. Die Quittierung des Releasekommandos erfolgte mit unrealistischen Entfernungsangaben. Das Kommando wurde mehrfach wiederholt. Die quittierten Entfernungen schwankten im folgenden aber zwischen 900 m und weit über 4000 m. Eine sichere Aussage über das erfolgte Auslösen war nicht möglich. Während weitere Versuche zur Übermittlung des Releasekommando unternommen wurden, ist auf dem Peildeck die Empfangsantenne für den OBH-Sender in Betrieb genommen worden. Nach den bisherigen Erfahrungen sollte das OBH sicher zu empfangen sein, auch wenn es in größerer Entfernung auftaucht. Mit Blick auf die mögliche Tauchtiefe ist das Schiff noch bis 09:00 Uhr an der Position geblieben, um dem Gerät genügend Zeit zum auftauchen zu geben. Leider blieben alle Mühen vergeblich.

Auch durch die bordeigenen SonarTrack und AtNav Anlagen war kein Antwortsignal des OBH zu empfangen. Das Schiff ist daraufhin in den

Mittagsstunden von dieser Position abgelaufen, um das gestrige Testgebiet wieder aufzusuchen.

An der Position der vermißten OBH's sollte mit einer Dredge als Anker versucht werden, die Geräte zum auftauchen zu bringen, oder sie mit der Dredge an Bord zu hieven. Zu diesem Zweck ist in einem Abstand von einer Seemeile zu der Absetzposition des zweiten OBH die Dredge auf den Meeresboden (174 m) abgesenkt worden. Bei langsamer Fahrt hat die Geo-Winde 2600 m Drahtseil abgespult, so daß mit der anschließenden Kreisfahrt das OBH von dem am Boden geschleppten Seil erfaßt werden mußte. Mit dem einholen der Schlepptrasse wird der Bogen immer enger um den Vermißten gezogen, so daß die Hoffnung besteht, ihn vom Grundgewicht zu trennen, oder gar mit der Dredge an Bord zu bekommen.

Noch während dieser Arbeiten sichteten wir ein treibendes Gerät. Die Peilung mit der Empfangsantenne zeigte anhand der Senderfrequenz eindeutig, daß es sich um den ebenfalls vermißten OBH der Position 8 handelt. Ob er durch die vorab erfolgten erneuten Auslöseversuche oder bereits am gestrigen Abend ausgelöst wurde konnte nicht geklärt werden. Da sowohl Blitzer, als auch Peilsender arbeiteten ist die Wahrscheinlichkeit ihn in der Dunkelheit übersehen zu haben sehr gering. Warum er dann aber erst bei den erneuten Versuchen ausgelöst hat bleibt ein Rätsel.

Das OBH auf der Position 2 bleibt aber weiterhin verschollen. Auch die Bordanlagen können keinerlei Echo des Systems auffangen. Nachdem die Dredge ohne Erfolg geborgen wurde, ist das treibende Gerät an Bord zurückgeholt worden. Die Auswertung der Datenkassette ist bereits oben beschrieben.

Die Erfahrungen der vergangenen Tage zeigen, daß wir sowohl mit den Transpondern, als auch mit der Methusalem Elektronik Geräte im Einsatz haben, deren Zuverlässigkeit nicht den Erwartungen und Zusagen entsprechen. Die Transponder sollen in Zukunft nicht mehr eingesetzt werden, wenn sie nicht vorher mit der Forschungswinde in die vorgesehene Einsatztiefe abgesenkt wurden und dort sicher ausgelöst haben. Mit dem Hersteller Mors in Frankreich werden einige Telefax-Mitteilungen ausgetauscht, die lediglich sicherstellen, daß wir ausreichend dimensionierte Bordeinheiten für Einsätze bis 6000 m Wassertiefe mit uns führen. Zu den Ausfällen können sie uns keine weiteren Empfehlungen geben, als mit einem völlig ruhigen Schiff, d.h. ohne den Betrieb einer Sonaranlage, erneute Auslöseversuche zu unternehmen. Alle eingesetzten Transponder werden erneut auf ihre Batterieleistung hin untersucht und vor jedem weiteren Einsatz sollen zur Sicherheit neue Batterien eingesetzt werden.

Nach diesen Wartungsarbeiten ist plötzlich einer der eingesetzten Transponder nicht mehr ansprechbar. Auch mit Hilfe der

Bordelektroniker läßt sich nicht feststellen in welchem Schaltkreis der Fehler liegt, obwohl die IC's mit denen eines heilen Gerätes ausgetauscht werden. Leider hat Mors nur eine französische Bedienungsanleitung, aber keinerlei Serviceunterlagen mitgegeben. Diese müssen nach der Rückkehr in Kiel dringends angefordert werden. Der Verdacht liegt nahe, das bei den beiden verschollenen Transpondern der gleiche Fehler aufgetreten ist und sie vollkommen tot sind. Ein solches plötzliches Aussetzen in der Elektronik kann auch durch keine noch so ausgefeilte Testmethode vorhergesehen werden. Wir sind daher nach wie vor der Überzeugung, ausreichende Vorsichtsmaßnahmen angewendet zu haben.

Die Probleme in der Methusalem Elektronik stellen uns ebenfalls vor große Rätsel, da wir uns keiner Bedienungsfehler bewußt sind und keinerlei Systematik in den aufgetretenen Fehlern erkennen können. Als nächster Verdachtspunkt ergibt sich die Überlegung, das die Störungen durch äußere Einflüsse verursacht werden. Die Zeitsprünge treten offensichtlich immer dann gehäuft auf, wenn das System starken mechanischen Belastungen ausgesetzt wird. Dies ist in Übereinstimmung mit dem Transport vom Container zum Kranhaken, während dessen bereits einige Geräte aufgezeichnet haben und auch Zeitfehler auf der Kassette zu beobachten sind. Gleiches gilt für den Moment des Eintauchens ins Wasser. Auch zu diesen Zeiten werden Sprünge in der Aufzeichnung beobachtet. Der nächste Auslöser scheint die Ankunft am Meeresboden zu sein, obwohl diese sehr sanft sein müßte, wenn man die zuvor ermittelten Sinkraten bedenkt. Auch unmittelbar nach dicht gelegenen Airgunschüssen werden solche zeitlichen Versätze beobachtet. Völlig unerklärlich bleibt dabei auch der Sprung zu bereits vergangenen Zeiten, so als würde der Puffer ab einer bestimmten Adresse nicht mehr überschrieben.

Da dieses völlige Versagen nahezu unglaublich erscheint, soll in den folgenden Einsätzen mit besonderer Sorgfalt die Vorbereitung der Geräte durchgeführt werden und vor allem eine Lastkontrolle der Batteriepacks nach dem Einbau erfolgen. Obwohl der Stromaufnahme entsprechend bereits ein einzelner Batteriepack für 18 Stunden Arbeitszeit ausreichen sollte, wird die Anzahl der Batteriepacks auf zwei erhöht. Bei einer Arbeitsdauer von maximal 16 Stunden ist damit für reichlich Reserve gesorgt.

Der OBH Einsatz auf Profil 1

Vor dem Aussetzen weiterer OBH für das seismische Profil 1 sollten drei Transponder auf ihre Funktion in 400 bis 600 m Tiefe überprüft werden. Nach dem Verlust in der Tiefsee mußte befürchtet werden, das die Funktionalität der Geräte eventuell tiefenabhängig ist. Dazu wurde mit dem Schiff eine Position auf dem Kontinentalhang angefahren, die es erlaubte die Geräte an der Winde bis in 600 m Tiefe zu fieren.

Gleichzeitig standen beide Deckseinheiten bereit um zu überprüfen, ob sie für die gewünschten Einsatztiefen verwendbar sind. Bereits der erste Durchgang zeigte, daß die GEOMAR eigene neue Apparatur bei 350 m Entfernung den Kontakt zu den Transpondern verliert. Die Ersatzanlage der GTG konnte die Geräte aber bis in die Tiefe von 600 m verfolgen und anstandslos das Auslösen der Ankersteine bewirken. Auch die beiden anderen Auslöser verhielten sich fehlerfrei, so daß die Geräte bis zu 400 m Wassertiefe eingesetzt werden sollten. Die Bordeinheit des GEOMAR mußte auch bei weiteren Versuchen jedesmal ausgetauscht werden, wenn die Tiefe von 350 m überschritten wurde. Darüberhinaus fing das Gerät auch keine Rückmeldungen mehr auf, so daß dieses System nurmehr zum öffnen und verschließen der Ankerhaken an Deck verwendet werden kann. Nachdem diese mehrstündigen Tests beendet waren, konnte das Auslegen der OBH auf Profil 1 beginnen.

Am 16.01.92 konnte das erste OBH um 18:53 auf 190 m Wassertiefe (09:34.01 N / 84:50.40 W) ausgesetzt werden. Bis 21:12 sind vier Positionen mit Geräten besetzt worden, so daß gegen 21:50 die drei Airguns des USGS ausgesetzt werden konnten. Nach einer kurzen Anlaufzeit erreichte die Sonne dann gegen 22:30 den Startpunkt der Profillinie. Durch die notwendigen Seiltests am Nachmittag hat sich der Profilstart damit um sechs Stunden verzögert.

Bis auf drei kurzzeitige Ausfälle von je einer Gun wurde kontinuierlich im Abstand von einer Minute geschossen. Das Triggersignal der Seismikanlage ist dem Bordsystem der Sonne entnommen, dessen Uhr über die GPS Anlage gestellt wird. Somit ist eine Referenzzeit gewählt worden, die den Land- und OBH- Geräten entspricht. Beide Systeme sind durch einen GPS-Empfänger geeicht worden, dessen Ausgang mit dem DCF-Zeitzeichencode versehen ist. Die Triggeranlage des USGS bietet keine Möglichkeit ein Protokoll über die ausgelösten Schüsse zu erstellen. Lediglich ein Signalspuls könnte zur Verfügung gestellt werden. Hier ist es unbedingt notwendig eine eigene Einrichtung zur exakten Protokollierung der Trigger zu finden. Wenn möglich sollte diese Einheit dann auch Navigationsdaten aus der Bordanlage oder vom (noch zu modifizierenden) DCF-GPS aufnehmen können. Nach neun Stunden sind die Airguns am 17.01.92 um 07:45 an Bord geholt worden.

Nach einem sechsstündigen Transit erreichte das Schiff die seewärtigste Position der OBH-Kette. Dieses, wie auch die drei anderen Geräte konnten schnell und ohne Probleme ausgelöst und geborgen werden. Die Datenausbeute auf den Kassetten ist jedoch sehr unbefriedigend. Kein Gerät hat die gesamte vorgegebene Profildauer registriert.

Methu 4 arbeitet bis zum Block 7 (02:17:30 MEZ), danach springt er auf 21:44:17 MEZ, eine Zeit die weitab von jeder Profilfahrt liegt.

Methu 5 beginnt seinen Block 17 um 07:42:39 MEZ, mitten im Registrierfenster, schreibt den Block 18 aber mit einer Startzeit von 20:57:10 MEZ. Somit fallen auch hier wesentliche Daten aus.

Methu 2 hört bereits gegen 00:00 MEZ auf, also noch vor dem Profilbeginn.

Der Recorder 7 schreibt in der Zeit von 23:17 bis 06:05 MEZ 17 Blöcke. Damit setzt er zwar nach der vorprogrammierten Zeit ein und arbeitet wenigstens während der ersten eineinhalb Stunden des Profiles. Anschließend springt die Zeitangabe auf 22:31 zurück und fällt zur Registrierung aus.

Dieses erneute Versagen der Elektronik ließ sich nicht mehr durch mögliche Fehler in der Gerätevorbereitung erklären. Aus diesem Grund wurde der Hersteller DELTA t am 17.01. per Fax informiert.

Der OBH Einsatz auf Profil 2

Am gleichen Tag wurden weitere OBH für das zweite Seismikprofil vorbereitet. Die Einsatztiefen sollten diesmal über 1000 m hinausgehen, so daß eine Stelle am Tiefseegraben mit ca. 1800 m Wassertiefe aufgesucht wurde. Drei OBH wurden dort mit der Winde auf jeweils 1600 m Tiefe gefiert. Die ständige Überwachung durch Entfernungsmessungen mit der GTG Deckseinheit zeigte nur geringe Abweichungen von der abgespulten Seillänge der Forschungswinde. Auf die Auslösekommandos reagierten alle Einheiten sofort.

Ein mitgeschickter Recorder (Methu 4) sollte durch die Registrierung während des Versuches die Erschütterungsempfindlichkeit der Elektronik bestätigen. Seine Aufzeichnung enthielt drei Blöcke, von denen der letzte erst zweieinhalb Stunden nach dem zweiten geschrieben wurde. Dies untermauerte die Vermutung, daß die Geräte nur dann vernünftig arbeiten können, wenn sie nur während der Ruhezeit am Meeresboden aktiv sind.

Zur weiteren Überprüfung ist das gleiche Gerät am Abend im Labor gestartet worden. Der angeschlossene Batteriepack zeigte unter Last eine Spannung von 13 Volt. Bei laufendem Recorder ging der Wert auf 11.9 Volt zurück, ausreichend also um die Elektronik mit mehr als der Minimalspannung von 9 Volt zu versorgen. Die als endlos gedachte Aufzeichnung endet aber bereits nach drei Blöcken und damit nach einer Laufzeit von eineinhalb Stunden. Ein Ergebnis, das allen bisherigen Überlegungen zur Stoßempfindlichkeit ein weiteres Phänomen hinzufügte.

Das Methusalem-System verbreitet nach und nach den Eindruck eines Prototypen, der mitten in der Entwicklung steckt, aber noch nicht bereit

ist für wichtige Experimente eingesetzt zu werden. Gespräche mit den Bordelektronikern endeten ebenfalls mit Ratlosigkeit, da die Beobachtungen kein einheitliches Bild ergaben.

Ein weiterer Versuch zur Stoßempfindlichkeit wurde am 18.01.92 durchgeführt. Zwei Systeme wurden zeitlich so abgesetzt und programmiert, daß das eine erst auf dem Meeresboden anfängt zu registrieren, das andere bereits an Deck aufzeichnet. Weiterhin waren die Stopzeiten so gewählt, daß das erste ebenfalls auf dem Meeresboden die Aufzeichnung abschließt, während das zweite bis nach der Bergung weiterläuft. Während des Aufenthalts in ca. 230 m Wassertiefe wurde ein kleines Airgunprofil über die Geräte gefahren, um für die Dauer von einer Stunde erkennbare Signale zu liefern.

Wie erwartet zeigte das bereits an Bord arbeitende OBH (Methu 4) einen Sprung in der Zeit. Zu diesem Zeitpunkt befand sich das Gerät gerade in der Vorbereitungsphase zum Aussetzen, kann also durch den Transport über Deck einige Stöße erhalten haben, die sich fatal auf die Registrierung auswirken. Das zweite OBH (Methu 2) entsprach ebenfalls den Überlegungen. Es zeichnete wie gewünscht zwei Datenblöcke mit Airgunsignalen auf, lediglich der Pegel rutschte an die obere Begrenzung, so daß auch hier eine Auswertung von Profildaten erfolglos wäre.

Dennoch machte diese Beobachtung Mut, auf dem folgenden zweiten Seismikprofil erneut OBH's auszusetzen. Die Anfrage an DELTA t erbrachte zunächst keine weiteren Hinweise auf die Ursache der Ausfälle. Wir wurden erstmals darauf hingewiesen, das in der Version 1.40 und 1.41 Fehler stecken (s.o.) und nur die Version 1.42 verwendet werden sollte. Weiterhin erfuhren wir, das der Gang der Uhr nach dem DCF Abgleich nur dann optimal ist, wenn die Speisespannung nicht mehr abgeklemmt wird (s.o.). Die interne Batterie gepufferte Uhr ist nicht in der Lage die notwendige Genauigkeit zu halten.

Unter diesen Bedingungen wurden am Nachmittag des 18.01.92 fünf OBH auf dem Profil 2 der Seismik ausgelegt. Die Einsatztiefe erreichte dabei maximal 1164 m. Sicherheitshalber sind alle Geräte mit zwei in Reihe geschalteten Batteriepacks ausgestattet worden, die auf eine Spannung von 24 V getestet wurden. Die erhöhte Spannung soll den Stromverbrauch reduzieren und somit einem Ausfall der Elektronik vorbeugen. Die vorherigen Aufnahmen hatten gezeigt, daß ein Gain von vier saubere nicht übersteuerte Signale liefert. Diese Einstellung ist bei den vier seewärtigen Geräten verwendet worden. Da das küstennächste Gerät bei nur 174 m Wassertiefe abgesetzt wurde ist hier der Faktor zwei gewählt worden. Damit sollte eine Übersteuerung bei der Überfahrt mit den Guns verhindert werden.

Ab 18:00 wurde mit allen drei Kanonen auf dieser Linie geschossen. Erfreulicherweise konnten die beiden amerikanischen Techniker am Tage einen Fehler in der Zündleitung reparieren, so daß eine exaktere Abstimmung der Kanonen gelang. Dies war nicht nur auf dem Kontrollmonitor erkennbar, sondern auch akustisch und physisch an Bord zu bemerken. Das Profil endete ohne Zwischenfälle am 19.01.92 morgens um 06:00 Uhr.

Nach vier Stunden Anfahrt war die erste OBH Position erreicht und die Bergung der Geräte gelang in der mittlerweile gewohnten Routine. Ein Versuch, an der Fangleine des OBH eine Fischerkugel anzubringen, erwies sich als äußerst vorteilhaft für die Aufnahme des Gerätes. Durch den Schwimmkörper wird die Fangleine beim Aufsteigen nicht mehr von dem Auftriebskörper eingeholt und verwickelt sich nicht am Rahmen. Sie treibt vom Gerät weg und kann damit gefahrlos durch einen Wurfanker eingeholt werden. Ein eingeschorener Gummischlauch könnte zusätzlich für eine geöffnete Schlaufe sorgen, womit auch ein greifen mittels Bootshaken sehr vereinfacht wird.

Die Auswertung der Kassetten war sehr enttäuschend. Von den fünf ausgesetzten Einheiten hat nur eine im gesamten vorgesehenen Fenster befriedigend gearbeitet.

Methu 2 zeigte unter Last nur noch drei Volt Spannung an, die Kassette war unbeschrieben.

Methu 4 hat acht Blöcke geschrieben, d.h. von den geplanten 15.5 Stunden etwa vier Stunden aufgezeichnet. Zwischen den Blöcken sechs und sieben fehlt eine halbe Stunde, die Aufzeichnung endet um 03:19 MEZ, zwei Minuten nach beginn des letzten Blockes. Auf den übrigen Blöcken sind aber Signale zu sehen.

Methu 8 hat die gesamte Profildauer über aufgezeichnet, liegt aber mit seinem Pegel ständig am oberen Rand des Display, so daß keine Schüsse zu sehen sind.

Methu 7 ist ebenfalls bis zum Ende des Registrierfensters gelaufen. Seine Aufzeichnung ist aber in den ersten acht Blöcken mit einer Vielzahl von Zeitsprüngen durchzogen, die bis 03:53 MEZ keinerlei Registrierung zulassen. In den restlichen Aufzeichnungen sind Schußsignale zu erkennen.

Mit dem letzten OBH (Methu 3) wurde die beste Aufzeichnung der Linie gewonnen. Dieses Gerät hat mit sauberem Pegel ohne Beanstandungen das gesamte vorprogrammierte Fenster aufgezeichnet.

Von Seiten DELTA t's wurde der Verdacht geäußert, unsere Probleme könnten durch Kondenswasser hervorgerufen werden. Diese Überlegung

ist aber aus mehreren Gründen auszuschließen. Erstens werden die Geräte in klimatisierten Räumen zusammengesetzt, so daß schon ein geringerer Feuchtigkeitsgehalt in der Luft vorhanden ist. Zweitens werden allen Zylindern zwei große Beutel mit Silikagel beigegeben, die beim öffnen der Zylinder nie einen beanspruchten Eindruck (Verfärbung des Kontrollaufdrucks) machten. Drittens ist es nicht erklärlich, warum Kurzschlüsse durch Kondenswasser immer halbstündlich die Aufzeichnung stören sollen. Außerdem war auch das im Labor betriebene Gerät ohne Kondenswassereinfluß stehen geblieben.

Als weitere Überlegung blieb zunächst der Gedanke des Temperatureinfluß, hatten wir doch bisher nur aus flachen (und damit warmen) Wasserbereichen fehlerlose Aufzeichnungen erhalten. Zur Überprüfung dieser These wurden zwei Geräte einem Test im Kühlschrank des Elektroniklabors unterzogen. Dieser Spezialschrank besitzt Kabeldurchlässe, so daß Spannungsmessungen und Steuerleitungen von außen bedient werden können.

Methu 2 wurde über einen Zeitraum von vier Stunden einer Temperatur von einem Grad ausgesetzt. Nach dieser Zeitspanne kann die Durchkühlung des Recorders und der Elektronik mit Sicherheit angenommen werden. Die Kontrolle der Settings ergab dabei, daß Bereits acht Minuten (20:16 MEZ) nach der Einlagerung (20:08 MEZ) die interne Uhr stehengeblieben ist, oder aber zumindest die Verarbeitung in den Settings nicht mehr erfolgte. Die Datumsanzeige blieb stur auf 20:16 stehen. Beim Einschalten des Recorders ist die Batteriespannung aber nie unter 21.7 Volt abgesunken.

Als zweites Gerät ist der Methu 7 eingesetzt worden. Diese Einheit hatte am morgen zu großer Verwunderung geführt, da die wiederholte Abspielung der Kassette #23 unterschiedliche Zielzeiten an den Sprungstellen zeigte. Mit diesem Test sollte außerdem auch festgestellt werden, ob eine unter kalten Bedingungen aufgezeichnete Kassette fehlerfrei gelesen werden kann, wenn man sie zur Abspielung wieder abkühlt. Doch zunächst wird das Gerät mit einer Leerkassette eingelagert und über Nacht auf Dauerregistrierung geschaltet. Die Kontrolle am nächsten Morgen ist befriedigend. Der Methusalem zeichnet noch immer auf und die Stichproben der Abspielung zeigen keine Sprünge. Um 08:45 wird dann die Kassette #23 eingelegt und während diese im Recorder abkühlt wird ständig versucht die ersten Blöcke fehlerfrei zu lesen. Zunächst treten die gleichen Sprungstellen auf, wie im Labor. Kurze Zeit später jedoch gelingt die Abspielung des ersten Block ohne Zeitsprung. Die Wiederholung nach 15 Minuten zeigt wieder die alten Sprungstellen, jetzt jedoch mit neuen Zielzeiten.

Offensichtlich ist in der Abkühlungsphase kurzzeitig die Temperatur bei der die Aufnahme gemacht wurde erreicht worden, so daß die Bandstruktur sich ähnlich verhalten hat, wie zur Aufnahmezeit. Die

weitere Unterkühlung hat diesen Effekt dann wieder umgekehrt. Offensichtlich sind die Bänder also nicht ganz frei von einer physikalischen Veränderung bei starken Temperaturschwankungen. Die hohe Datendichte führt dann bei geänderten Bedingungen zu Formatfehlern, die sich in den Zeitsprüngen äußern.

Der OBH Einsatz auf Profil 3

Vor dem Beginn des dritten seismischen Profil am 21.01.92 wurde in einem kurzen Überblick ein Resume zur Aufzeichnungsgüte der einzelnen Methusalem Recorder erstellt. Es zeigt sich, daß nur der Methu 3 bisher fehlerfrei gearbeitet hat. Bei Methu 7 sind Unsicherheiten (Sprünge) zu verzeichnen. Methu 10 ist als Ersatzgerät noch nicht eingesetzt worden. Alle anderen Geräte haben mindestens einmal die Aufzeichnung unvollständig beendet oder gar nicht begonnen. Somit standen nur drei Einheiten zur Verfügung, bei denen berechnete Hoffnungen auf eine brauchbare Aufzeichnung bestand. Da die exakten Einsattiefen erst kurz vor dem Aussetzen durch eine Hydrosweepkartierung bekannt wurden, kamen die drei auf 1500 m erprobten Transceiver zum Einsatz.

In der Zeit von 13:00 bis 15:00 wurden die drei Geräte zu Wasser gelassen. Die Arbeitstiefen lagen zwischen 500 und 1400 m. Alle drei OBH ließen sich sicher bis zum Meeresboden verfolgen.

Mit Rücksicht auf die Landstationen wartete das Schiff am Profilanfang bis 18:00, bevor die Linie begonnen wurde. Das Schießprogramm wurde bis 05:00 morgens durchgeführt. Einzelne Airguns sind im Laufe der Nacht mehrfach an Deck geholt worden, um kleinere und größere Reparaturen durchzuführen. Dennoch konnte jederzeit der Einsatz mindestens einer Gun gesichert werden.

Am 22.01.92 war das erste der drei OBH wieder an Deck und wurde sofort auf seine Aufzeichnung hin überprüft. Eine große Erleichterung breitete sich aus, Methu 3 hatte auch in großen Wassertiefen kontinuierlich und sauber aufgezeichnet. Die Gain Einstellung von acht hatte sich dabei bewährt und zu keinerlei Übersteuerung geführt.

Das Ersatzgerät (Methu 10) mußte erst von der Batterie getrennt werden, ehe er auf die PC Kommandos reagierte. Wie befürchtet hatte das Gerät nur einen Block aufgezeichnet.

Etwas mehr Erfolg bot dann der letzte Recorder. Methu 7 hatte, wie bereits früher beobachtet in den ersten Blöcken (0-3) Sprungstellen zu früheren Zeiten. Danach wurden die Blöcke 4 bis 18 sauber aufgezeichnet und es sind deutliche Airgunsignale zu erkennen. Block 19 zeigte ebenfalls einen Sprung. Mit Block 23 endete die Aufzeichnung, die das volle Zeitfenster erfaßt hat.

Zusammenfassung des OBH Einsatz

Das ursprünglich von GEOMAR vorgestellte Konzept für die Beschaffung von neuen OBS'sen sah vor, fertige und bewährte Gerätekomponten zu einem funktionsfähigen System zusammenzubauen. Dabei wurde als Datenerfassungs- und -speichergerät das REFTEK-System vorgeschlagen. In den sich anschließenden Beratungen durch die aus dem Arbeitskreis "Marine Geophysik" des FKPE gewählte Expertengruppe wurden auch andere Alternativen untersucht. Den Vorgaben des BMFT folgend, nämlich vorrangig Teile deutscher oder westeuropäischer Lieferanten zu beschaffen, hat die Arbeitsgruppe dann das Methusalem-Gerät der Firma Delta-T, Hamburg, vorgeschlagen. Dieses Gerät konnte den Anforderungskatalog nahezu erfüllen, zeichnete sich gegenüber dem REFTEK-Gerät zusätzlich durch einen etwas niedrigeren Stromverbrauch aus. Bei der Begutachtung im Mai/Juni 1991 stand lediglich ein Prototyp zur Verfügung und es wurde deutlich gemacht, daß es sich bei diesem Gerät um eine Neuentwicklung handelt, über die noch keine Einsatz- und Langzeiterfahrungen vorlagen. Es wurden dem Hersteller eine Reihe von Auflagen gemacht (Schnittstellen, Datenformat, Handling), die er zu implementieren versprach.

Nach erfolgter Bewilligung der Investitionsmittel durch das BMFT im September standen insgesamt nur drei Monate zur Verfügung, um die Komponenten einzukaufen und die OBS'se zu bauen. Nur durch den enormen Einsatz vieler Mitarbeiter und die Kooperationsbereitschaft vieler Kollegen und der Lieferanten war es möglich, die Teile Anfang Dezember zu verschiffen. Letzte Teile mußten per Luftfracht nachgesendet werden. Den Verantwortlichen war es durchaus klar, daß hier ungetestete Geräte zum Einsatz gebracht werden mußten. Die Methusalem-Recorder wurden nur zwei Tage vor Abfahrt in Kiel angeliefert und konnten daher unter Einsatzbedingungen nicht weiter getestet werden.

Daß die seismischen Messungen nicht wie geplant erfolgreich waren, ist unter diesen Voraussetzungen vielleicht verständlich. Schwachpunkte waren neben den Release-Systemen, bei denen drei von zehn Geräten nicht arbeiteten, die Methusalem-Recorder. Hier traten vielfältige Fehler auf (Zeitsprünge, übermäßiger Stromverbrauch, gelöschte EROM's), die zu Datenausfällen zwischen null und hundert Prozent führten. Ein Gerät hat ständig zuverlässig gearbeitet, so daß die Fehlersuche sehr komplex werden wird und vermutlich in der Software der Geräte zu finden ist.

Mittlerweile hat ein längeres Gespräch mit dem Hersteller stattgefunden und mögliche Fehlerquellen sind diskutiert worden. Neben seinem aufrichtigen Bedauern hat er zugesagt, die Geräte nach ihrer Rückkehr intensiv zu testen und die Fehler zu beseitigen.

Als eine Fehlerursache konnte ein Fehler in der Software des Abspielgerätes festgestellt werden, so daß nach dessen Behebung wesentlich mehr Daten abzuspielen sind, als es an Bord möglich war. Damit erhöht sich der Datengewinn auf den Profilen um ein beträchtliches. Das endgültige Ausmaß des Datenverlustes kann aber erst nach der kompletten Abspielung mit neuer Software eingeschätzt werden.

Durch diesen Fehler lassen sich aber nicht alle Unregelmäßigkeiten erklären, die jetzt durch eine Überprüfung der einzelnen Komponenten bei Delta t analysiert werden. Wir selbst werden uns an diesen Tests, die auch realistische Bedingungen simulieren sollen, beteiligen und hoffen, das System bis zum nächsten Einsatz stabilisieren zu können. Wir haben auch unmißverständlich klar gemacht, daß wir uns bei einem negativen Ergebnis der Testreihen um ein anderes System bemühen werden.

Insgesamt wurden 27 Tauchgänge ausgeführt, wobei die erfolgreichen Seilteste nicht mitgezählt sind. Von diesen Einsätzen kehrten zwei Einheiten nicht zurück, was einem Verlust von 7.4 % entspricht. Wertet man die erfolgreich ausgelösten Testreihen am Seil mit, so verringert sich die Quote auf 5.9 %. Bereits im ersten Erprobungseinsatz hat dieses System also eine Verlustrate von deutlich unter 10 % erreicht. Ebenfalls zu beachten ist dabei der Umstand, daß die Verluste innerhalb der ersten Testtage eintraten. Bei den folgenden Profileinsätzen und begleitenden Tests wurden alle ausgesetzten Geräte ohne Probleme wieder eingeholt.

Der mechanische Aufbau und die Handhabung der Geräte haben sich als gelungen herausgestellt, hier sind keine bzw. nur marginale Änderungswünsche aufgetreten.

IV Abschnitt 2b - Landseismik

Landbeobachtungen der seismischen Signale

Für die Landbeobachtungen wurden uns freundlicherweise drei 8-kanalige Lennartz PCM-Stationen von der DEKORP-Projektleitung zur Verfügung gestellt. Um diese Stationen betreiben zu können wurde ein GPS-Zeitzeichengeber der Firma Lennartz angemietet und eine entsprechende Platine für den Ersatz der DCF-Empfänger gekauft. Damit war für die Landstationen dieselbe Zeitbasis wie für die OBS'se und das Schiff gewährleistet. Die Geräte wurden zunächst per Luftfracht nach Mexiko gebracht, wo die Landbeobachtungen auch von zehn mexikanischen Digitalstationen ergänzt werden sollten. Da dann der Einsatz in Mexiko entfiel, wurden sie von MS in der Zeit vom 27.12. bis 06.01.1992 zollfrei gemacht und nach Costa Rica weitergeleitet. Hier konnten die Geräte rechtzeitig für den Einsatz zollfrei gemacht werden, sowohl in Mexiko als auch in Costa Rica hat uns dabei die Deutsche Botschaft entscheidend unterstützt.

Insgesamt drei Refraktionsprofile wurden von den drei Stationen aufgezeichnet, zwei aufeinander rechtwinklige Profile im Süden der Nicoya Halbinsel, das dritte etwa in der Mitte der Halbinsel bei Nosara.

In der Anlage sind die geografischen Positionen der Stationen, die Registrierzeiten und die Zeitdrift zusammengestellt. Auf allen drei Profilen konnten im Nahbereich (< 50 km) die Signale auf der optischen Anzeige der Stationen erkannt werden. Dies berechtigt aufgrund früherer Erfahrungen zu der Annahme, daß die Energie der Schüsse für alle Profile ausreichend war.

Von costaricanischer Seite wurden die Landmessungen durch das ICE (Instituto Costarricense De Electricidad) durch Fahrzeuge, Personal und einen eigenen Meßtrupp tatkräftig und professionell unterstützt. Neben zwei seismografischen Analogstationen wurde eine 120-kanalige DFS-IV-Apparatur eingesetzt. Von der Schule in Cobano, in der Räumlichkeiten als Registrierzentrale und Koordinationsstelle zur Verfügung gestellt wurden, waren zwei rechtwinklige zueinander verlaufende Aufstellungen von jeweils 1800 m (60 Kanäle á 30 m) installiert. Mit dieser schon etwas altersschwachen Apparatur wurde ein Großteil der Airgunschüsse (maximal jeder zweite, 30 Sekunden Registrierzeit) aufgenommen und darüber hinaus konnten 17 Bohrungen (25 m) mit Ladungen zwischen 15 und 30 kg bestückt und abgetan werden. Dabei wurde eine 3- bis 5-fache Überdeckung im Bereich der Reflexionsaufstellung erzielt. Dies war ein erster Versuch, tiefenreflexionsseismische Daten an Land aufzuzeichnen. In Abbildung 9 ist die Schuß-Geophon-Geometrie gezeigt.

Obwohl solche rein wissenschaftlichen Aufgaben nicht zu den primären Aufgaben des ICE gehören, hat uns der Einsatz, das Engagement, die Kooperationsbereitschaft und die Professionalität der ICE-Mitarbeiter nachhaltig beeindruckt. Bis zu 30 Personen mit entsprechendem Fahrzeugpark (Bohrgerät etc.) waren im Einsatz.

Von der Escuela de Geologia, Universidad de Costa Rica, wurden die Messungen durch die Bereitstellung eines Fahrzeugs unterstützt. Weiterhin wurden die Airgunschüsse von einigen Stationen des nationalen seismologischen Netzwerkes in Costa Rica aufgezeichnet. Hierzu wurden die Stationen vom Trigger in den Dauermodus umgeschaltet und durch Operateure für permanenten Bandwechsel betreut.

Die Kommunikation zwischen Schiff und Land war nur eingeschränkt möglich. Vom Schiff wurden Informationen über Kurzwelle an Land empfangen, von Land aus konnte das Schiff nur über Telefon und Fax während der Tagesstunden erreicht werden. Die Installation eines 2 m-Band-Funkgerätes auf dem Schiff, für die das ICE ein landesweites Repeaternetz unterhält und damit alle Fahrzeuge ausgestattet hat, wäre sicherlich eine optimale Lösung gewesen, wurde jedoch leider seitens der Schiffsführung mit Hinweis auf die Deutsche Bundespost untersagt.

Die Meßpositionen an Land wurden zum Teil über GPS eingemessen, zum Teil aus den topographischen Karten (1:50.000) und Luftbildern entnommen. Dabei stellten sich Abweichungen von einigen hundert Metern heraus. Während die Längenangaben nahezu identisch waren, waren bei den Breitenangaben im Mittel Unterschiede von 0.2 Minuten festzustellen. In Abbildung 8 sind die geographischen (aus den Karten übernommenen) und den GPS bestimmten Positionen verglichen. Da auch die Schiffsnavigation mit GPS arbeitete, wurden alle Positionen auf das GPS-Netz umgerechnet.

Die wenigen optischen Kontrollen der Landregistrierungen lassen insgesamt gute Ergebnisse erwarten, endgültige Aussagen können jedoch erst nach dem Anspielen und der Umformatierung der Daten erfolgen. Die Daten unserer drei PCM-Stationen (100 Std. Registrierzeit = 50000 Einzelseismogramme) sollen im Februar/März im AWI auf dem dortigen PCM-Decoder bearbeitet und in SEG-Y-Format umgeschrieben werden, so daß sie dann für die endgültige Bearbeitung bei GEOMAR zur Verfügung stehen.

Vom ICE wird das Meßgebiet in den nächsten Monaten durch gravimetrische und magnetische Messungen weiter untersucht, die Daten der DFS-IV-Apparatur sollen bei GEOMAR bearbeitet werden.

Anhang 2 enthält eine Liste der Positionen der Aufnehmer an Land.

GPS und geographische Positionen

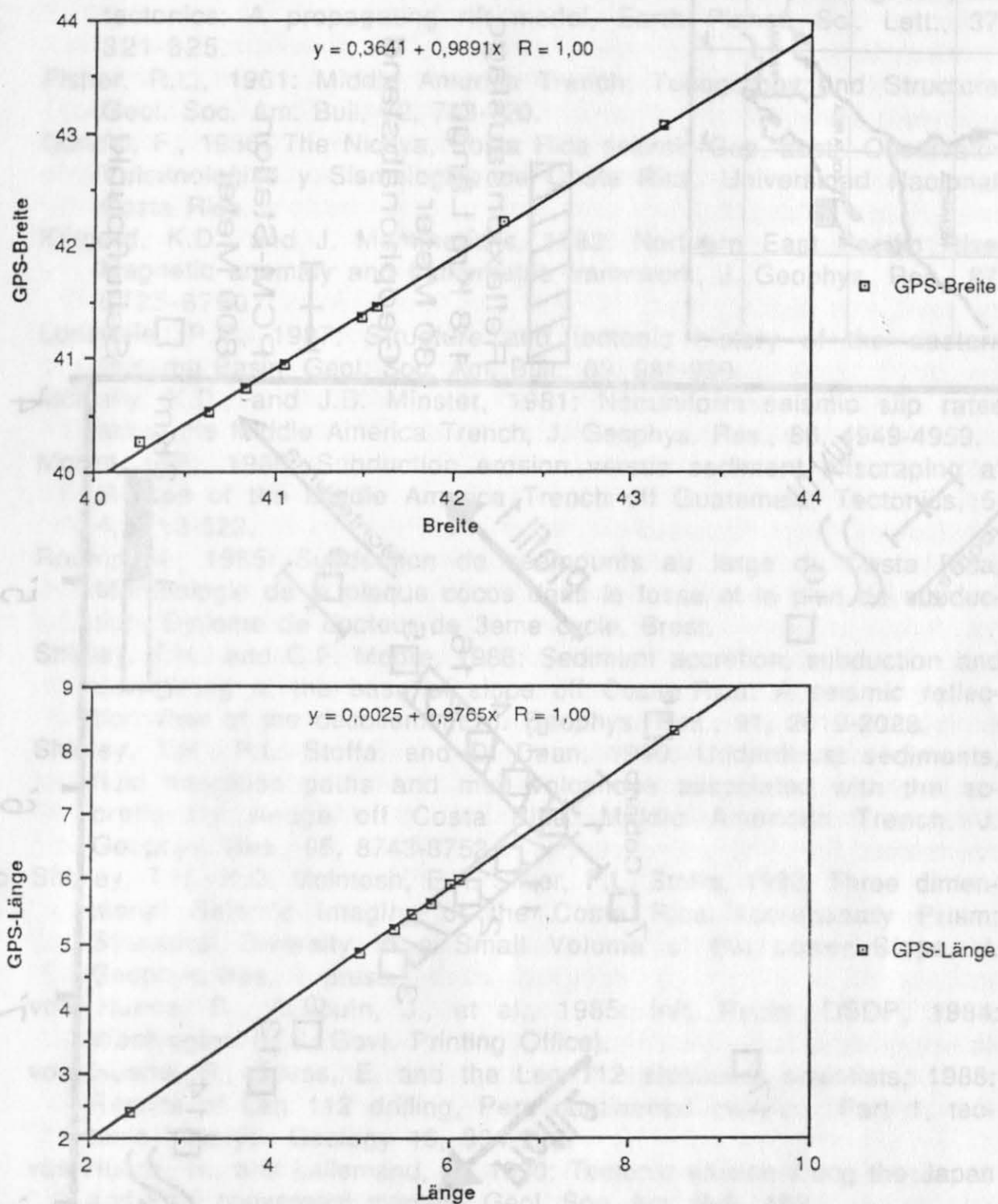
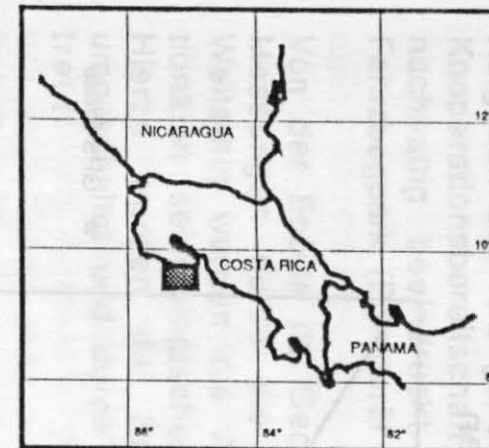
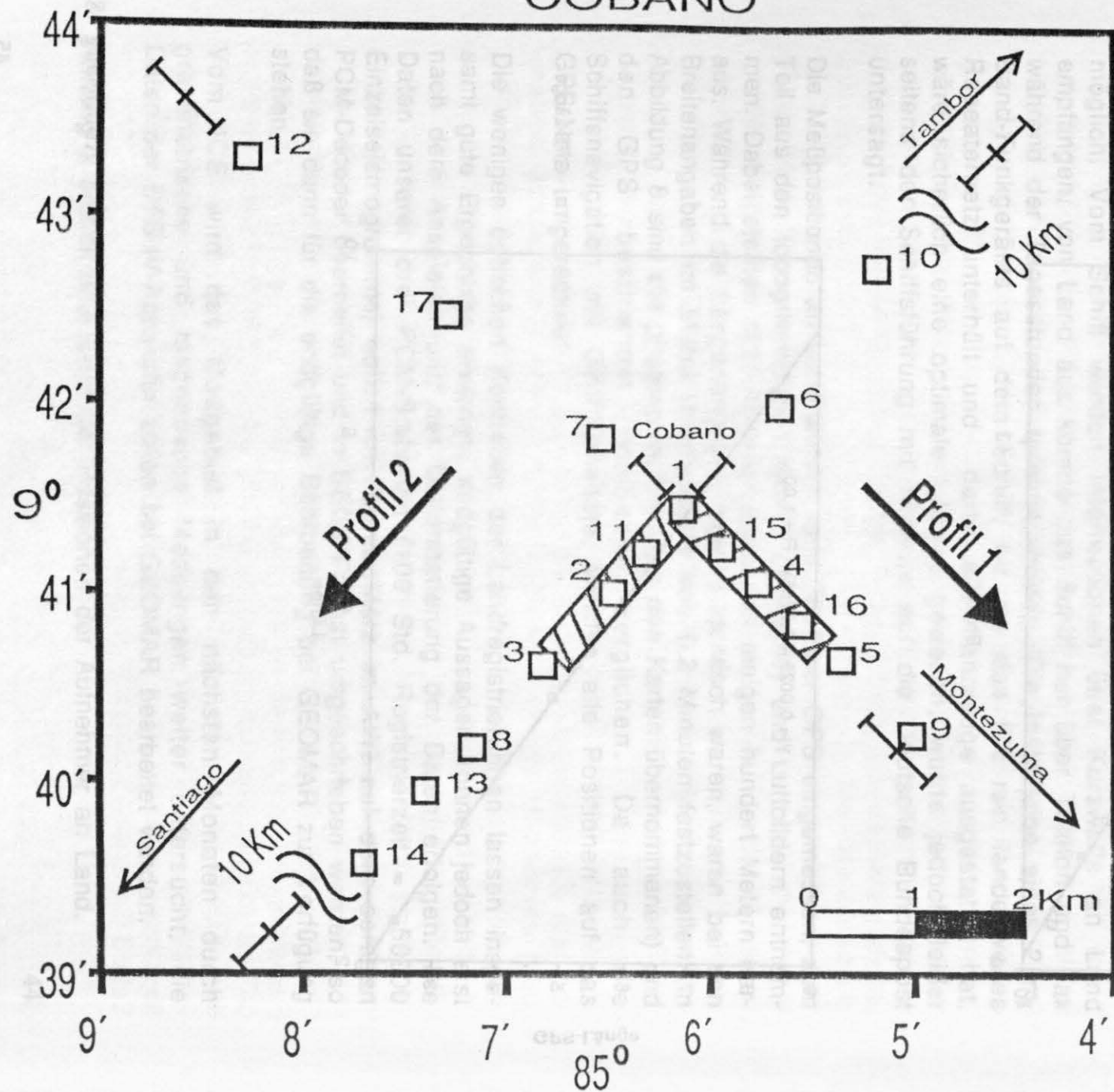



Abbildung 8

COBANO




 Reflexionsauslage
 1.8 Km Länge
 30 Meter
 Geophonabstand


 PCM-Station
 800 Meter



 Schußpunkt

Abbildung 9

V Literaturhinweise

- Hey, R.N., 1977: A new class of pseudofaults and their bearing on plate tectonics: A propagating rift model, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 37, 321-325.
- Fisher, R.L., 1961: Middle America Trench: Topography and Structure, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 72, 703-720.
- Gündel, F., 1986: The Nicoya, Costa Rica seismic Gap, abstr. Observatori Vulcanologico y Sismologico de Costa Rica, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Klitgord, K.D., and J. Mammerricks, 1982: Northern East Pacific Rise: Magnetic anomaly and bathymetric framework, *J. Geophys. Res.*, 87, 6725-6750.
- Lonsdale, P.F., 1987: Structure and tectonic history of the eastern Panama Basin, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 89, 981-999.
- McNally, K.D., and J.B. Minster, 1981: Nonuniform seismic slip rates along the Middle America Trench, *J. Geophys. Res.*, 86, 4949-4959.
- Moore, G.F., 1986: Subduction erosion versus sediment offscraping at the toe of the Middle America Trench off Guatemala, *Tectonics*, 5, 4, 513-523.
- Roump, J., 1985: Subduction de seamounts au large du Costa Rica, Morphologie de la plaque cocos dans le fosse et le plan de subduction, Diplome de docteur de 3eme cycle, Brest.
- Shipley, T.H., and G.F. Moore, 1986: Sediment accretion, subduction and dewatering at the base of slope off Costa Rica: A seismic reflection view of the decollement, *J. Geophys. Res.*, 91, 2019-2028.
- Shipley, T.H., P.L. Stoffa, and D. Dean, 1990: Underthrust sediments, fluid migration paths and mud volcanoes associated with the accretionary wedge off Costa Rica: Middle American Trench, *J. Geophys. Res.*, 95, 8743-8752.
- Shipley, T.H., K.D. McIntosh, E.A. Silver, P.L. Stoffa, 1992: Three dimensional Seismic Imaging of the Costa Rica Accretionary Prism: Structural Diversity in a Small Volume of the Lower Slope, *J. Geophys. Res.*, in press.
- von Huene, R., Aubouin, J., et al., 1985: Init. Repts. DSDP, 1984: Washington (U.S. Govt. Printing Office).
- von Huene, R., Suess, E. and the Leg 112 shipboard scientists, 1988: Results of Leg 112 drilling, Peru continental margin: Part 1, tectonic history: *Geology* 16, 934-938.
- von Huene, R., and Lallemand, S., 1990: Tectonic erosion along the Japan and Peru convergent margins, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 102.
- von Huene, R. and Scholl, D.W., 1991: Observations at convergent margins concerning sediment subduction, subduction erosion and the growth of continental crust, *Rev. Geophysics*, 29, 279-316.

Einsatzbericht zum Hydrosweep-System an Bord FS SONNE

Der wesentliche Schwerpunkt der Ausfahrt SO-76 von Balboa, Panama, vor die Küste Costa Ricas lag bei der Kartierung des Meeresbodens im Bereich des Mittel Amerika Trench. Diese Arbeiten sollten die Grundlage zur Beurteilung des Einfluß von Seamounts auf die Erdbebenverteilung an Subduktionszonen darstellen. Notwendig für eine Untersuchung mit dieser Fragestellung ist die großräumige dreidimensionale Erfassung des Meßgebietes.

Hier stellt das System Hydro-Sweep von Krupp Atlas Elektronik nach Herstellerangaben das geeignete Gerät zur Verfügung. Mit 60 Beams kann ein Öffnungswinkel von 90 Grad erreicht werden. Auf diese Weise gelingt es, die Breite des Meßstreifen auf das doppelte der Wassertiefe zu erhöhen. Damit kann, besonders in der Tiefsee, ein ordentlicher Profilfortschritt erreicht werden, der mit den bisherigen Methoden (Seabeam) bei weitem nicht möglich war. In Meßgebieten mit durchschnittlich 1700 m Wassertiefe kann ein Profilabstand von 3400 m gewählt werden. Wird aus Sicherheitsgründen eine Überlappung gewünscht, so verringert sich dieser Wert entsprechend.

In der Fahrtvorbereitung wurde ein auf diesen Angaben basierendes Profilitter geplant, das die Grundlage zur Zeitplanung der Meßkampagne bildete. Die bordseitige Unterstützung durch zwei Systemoperateure erleichterte den Einstieg in Bedienung dieses neuen Werkzeuges ungemein. Trotz theoretischer Vorbereitung zu Hause ist es nicht möglich die Komplexität solcher Systeme während einer Ausfahrt zu erlernen und mit befriedigenden Ergebnissen von Bord zu gehen. Bereits auf der Anfahrt zum Meßgebiet wurden erste Testregistrierungen durchgeführt, um die Funktionsweise des Systems kennenzulernen und den Wachgängern die notwendigen Handgriffe zu vermitteln. Die Bedienung der Kontrollelemente zur Datenerfassung konnte schnell überblickt und erlernt werden. Auch die lateinamerikanischen Gastwissenschaftler, die teilweise nur spanisch sprechen, waren bald mit der Bedienung vertraut. Ausfälle durch Fehler der Wachgänger sind kaum aufgetreten.

So befriedigend die Datenerfassung auch verlief, so schnell stellten sich erste Probleme bei der Datenverarbeitung ein, die bei Lösungsversuchen immer weitere Inflexibilitäten des Postprocessing-Systems aufzeigten. Dabei sind einzelne Fehler so gravierend, das sie den Zweck der hochauflösenden Kartierung in Frage stellen.

1. Die Bearbeitung mehrerer Profile in Areafiles ist sinnvoll und für den Anwender zu verstehen. Bedauerlich ist jedoch die Unmöglichkeit,

einzelne kleinere Gebiete später zu einem großen umfassenden Areafile zusammenzusetzen.

2. Weder aus der Anleitung, noch aus den Menüpunkten ist zu erkennen, wie die Verteilung der Gitterabstände ermittelt wird. Diese Bestimmung ist außerdem vom Anwender nicht zu beeinflussen. Zur Qualitätssicherung in Bereichen mit starker Topographie ist dies aber ein unbedingtes Muß. Durch die Bearbeitung in einem ungünstig gewählten Maßstab gehen dadurch Strukturdetails verloren. Die einzelnen Höhen oder Senken sehr stark generalisiert dargestellt. Der Qualitätsvergleich mit älteren Seabeamarbeiten kann in diesen Fällen erst gar nicht angetreten werden.

3. Die Interpolation innerhalb des Gitters läßt an Positionen mit geringer oder gar keiner Überdeckung nicht nur zu wünschen übrig, sie ist an vielen Stellen schlichtweg falsch. Wird bei zwei Profilen keine Überlappung erzielt, so kann es dazu kommen, daß einzelne Gitterzellen zwischen den Linien nicht mit Tiefenwerten belegt werden. In solchen Fällen geht der Algorithmus der Interpolation aber rücksichtslos über unbelegte Zellen hinweg. Dabei ist die Kontrolle über den Verlauf der Isolinien nicht mehr ausgewogen, so daß es zu willkürlichen Verbindungen zwischen den Profilen kommt. Diese Verbiegung der Isolinien ist so auffällig, daß der unbedarfte Betrachter zunächst auf erhebliche Positionsfehler tippt. Eine befriedigende Interpolation wird nur bei Profilen mit Überlappung erreicht.

4. In einigen nicht speziell einzugrenzenden Fällen kommt es zu kreuzenden Isolinien. Da dieses Phänomen unabhängig von der Plotgröße beobachtet wird, muß auch hier auf einen Fehler in der Interpolation geschlossen werden. Zur Behebung solcher Fehler stellt das System nur unzureichende Mittel zur Verfügung.

5. Um Lücken in der Kartierung zu schließen ist es üblich, Isolinien mit geringerem Abstand per Hand zu interpolieren, um ein vollständigeres Bild zu erhalten. Diese Arbeiten müssen nach wie vor von Kartographen in der fertigen Zeichnung ausgeführt werden. Das System läßt es jedoch nicht zu über einen Digitalisiertisch einzelne Isolinien zu bearbeiten. Für das System "gültige" Tiefenwerte können nur punktuell, als Tiefenzahl, eingegeben werden. Der Kartograph wird sich also eine Hilfslinie digitalisieren, auf der dann im zweiten Arbeitsschritt Tiefenzahlen eingegeben werden. Der dritte Arbeitsschritt entfernt dann wieder die Hilfslinie. Da dieser Zeitaufwand innerhalb eines Kartiergebietes von mehr als 20000 km² nicht vertretbar ist, wurde dieser Weg nicht auf seine Funktionsweise getestet.

6. In der dreidimensionalen Bearbeitung ist trotz aller Farben und Beleuchtungskontraste eine Gitternetzdarstellung in vielen Fällen unabdingbar. Das vorliegende System kann dieses einfache Hilfsmittel je-

doch nicht bereitstellen. Besonders wenn keine Hardcopyeinrichtung zur Verfügung steht, könnte somit noch eine Darstellung der 3D-Ansicht mittels der Stiftplotter erzeugt werden.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das Hydrosweep System in seiner Idee und seinem Anspruch ein sehr gutes Mittel darstellt, um eine erfolgreiche und detaillierte Kartierung des Meeresboden durchzuführen. Leider wird die derzeitige Version des Postprocessing diesem Anspruch in keiner Weise gerecht. Im Gegenteil, die Mängel sind zum Teil so gravierend, daß eine publizierbare Kartierung nur durch hohen Aufwand an Schiffszeit (enges Profilnetz mit z.T. mehrfacher Überdeckung) oder Zeichenarbeit erreicht werden kann. In Zukunft wird man sich die Frage stellen müssen, ob nicht eine Kartierung nach Seabeam-Qualität ausreichend ist. Die verbleibenden Gelder der gesparten Schiffszeit könnten dann in eigene Rechenanlagen investiert werden, in denen das Processing der Daten durchsichtiger und genauer gestaltet werden kann.

Landstationen Costa Rica

Januar 1991

Profil 1 Montezuma-Cobano-Rio Ario, 16/17.1.92

K0,2	9° 40.14`	85° 04.96`	in Profilrichtung
K3	9° 40.07`	85° 05.03`	interpoliert
K4	9° 40.20`	85° 05.04`	alles Karte
K5	9° 40.27`	85° 05.12`	
K6	9° 40.06`	85° 04.88`	interpoliert
K7	9° 39.98`	85° 04.81`	Z=140m

1.Sync. um 16:00, später Batterieausfall, Gang vermutlich -1.7 ms/Std.

1. Sync. um 21:45, 2. Sync. um 8:30, -18 ms, 1.7 ms/Std.

Profil 1 Montezuma-Cobano-Rio Ario, 16/17.1.92

Testschüsse 18.1 8:00-11:00

Profil 2 Santiago-Cobano-Tambor, 18/19.1.92

1 18.01. 19:46:03 9° 41.43' 85° 06.15'

K0,2	9° 41.31`	85° 05.70`	nach magnetisch Nord
K3			nicht belegt
K4	9° 41.36`	85° 05.98`	
K5	9° 41.46`	85° 05.91`	
K4	9° 41.39`	85° 05.65`	
K5	9° 41.47`	85° 05.59`	
K6	9° 41.38`	85° 05.75`	
K7	9° 41.42`	85° 05.80`	Z=160m

1.Sync 16.1 16:10, 2.Sync. 17.1. 8:20 -28ms, 1.7 ms/Std

1.Sync.18.1 8:00, 2. Sync 11:00, -4 ms, 1.3 ms/Std

1. Sync. 18.1 15:00, 2.Ssync. 19.1 6:30, -30 ms, 1.9 ms/Std

Profil 1 Montezuma-Cobano-Rio Ario, 16/17.1.92

K0,2	9° 43.17`	85° 08.49`	in Profilrichtung
K3	9° 43.24`	85° 08.41`	
K4	9° 43.10`	85° 08.41`	
K5	9° 43.05`	85° 08.30`	
K6	9° 43.24`	85° 08.57`	
K7	9° 43.34`	85° 08.60`	Z=100m

1.Sync. um 20:37,2. Sync. um 10:46, -40 ms, 2.8 ms/Std.

Profil 2 Santiago-Cobano-Tambor, 18/19.1.92

K0,2	9° 39.68`	85° 09.26`	in Profilrichtung
K3	9° 39.76`	85° 09.28`	
K4	9° 39.71`	85° 09.16`	
K5	9° 39.74`	85° 09.04`	
K6	9° 39.69`	85° 09.34`	
K7	9° 39.67`	85° 09.45`	Z=160m

1. Sync. um 09:39, 2. Sync. um 9:00, -44 ms, -1.9 ms/Std.

Profil 2 Santiago-Cobano-Tambor, 18/19.1.92

K0,2	9° 42.21`	85° 02.41`	in Profilrichtung
K3	9° 42.29`	85° 02.45`	
K4	9° 42.22`	85° 02.28`	
K5	9° 42.23`	85° 02.17`	
K6	9° 42.19`	85° 02.48`	
K7	9° 42.22`	85° 02.56`	Z=120m

1. Sync. um 9:15 2. Sync. um 8:45, -60 ms, 2.6 ms/Std.

Profil 3 **Nosara-Rio** Nosara-Pilas Blancas, 21/22.1.92

K0,2	9° 57.40`	85° 38.73`	in Profilrichtung nicht belegt
K3			
K4	9° 57.45`	85° 38.84`	
K5	9° 57.36`	85° 38.83`	
K6	9° 57.46`	85° 38.73`	
K7	9° 57.56`	85° 38.66`	z=250 m

1. Sync. um 11:30 2. Sync. um 22:00, -29 ms, 2.3 ms/Std., um 22:00 gesetzt, um 4:45 -13ms, 1.9 ms/Std

Profil 3 **NoSara-Rio** **Nosara-Pilas** Blancas, 21/22.1.92

K0,2	9° 59.35`	85° 36.91`	in Profilrichtung
K3	9° 59.31`	85° 37.11`	
K4	9° 59.37`	85° 36.96`	
K5	9° 59.37`	85° 37.01`	
K6	9° 59.44`	85° 36.85`	
K7	9° 59.49`	85° 36.75`	z=30m

1. Sync. um 09:05 2. Sync. um 8:40, -47 ms, 2.0 ms/Std.

Profil 3 Nosara-Rio Nosara-**Pilas** **Blancas**, 21/22.1.92

K0,2	10° 02.00`	85° 35.03`	in Profilrichtung
K3	10° 01.98`	85° 35.04`	
K4	10° 02.05`	85° 34.97`	
K5	10° 02.07`	85° 34.92`	
K6	10° 01.97`	85° 35.05`	
K7	10° 01.93`	85° 35.08`	z=280m

1. Sync. um 08:45 2. Sync. um 12:37, -128 ms, 4.9 ms/Std.

Reflexionsapparatur DFS-V in Cobano

Kanal 1 bis 60 Richtung Montezuma,
Kanal 61 bis 120 Richtung Mal Pais,
Geophonabstand 30 m.

Kanal 1	9° 41.43'	85° 06.15'	z=150 m
Kanal 60	9° 40.67'	85° 05.46'	z=158 m
Kanal 61	9° 41.42'	85° 06.16'	z=150 m
Kanal 120	9° 40.61'	85° 06.79'	z=166 m

Landschüsse:

15	16.01.	17:00:00	9° 41.23'	85° 05.96'
9	16.01.	18:34:15	9° 40.25'	85° 05.00'
5	16.01.	19:50:19	9° 40.64'	85° 05.37'
16	16.01.	20:35:06	9° 40.84'	85° 05.57'
4	16.01.	22:56:12	9° 41.05'	85° 05.78'
7	17.01.	02:38:01	9° 41.82'	85° 06.53'
17	17.01.	04:05:05	9° 42.47'	85° 07.30'
14	18.01.	16:50:04	9° 39.56'	85° 07.72'
13	18.01.	17:17:24	9° 39.94'	85° 07.40'
8	18.01.	17:52:04	9° 40.17'	85° 07.20'
3	18.01.	18:14:26	9° 40.59'	85° 06.85'
2	18.01.	18:54:27	9° 41.01'	85° 06.50'
11	18.01.	19:24:15	9° 41.22'	85° 06.32'
1	18.01.	19:46:03	9° 41.43'	85° 06.15'
6	18.01.	20:32:00	9° 41.97'	85° 05.66'
10	18.01.	21:36:12	9° 42.71'	85° 05.21'
12	18.01.	23:12:05	9° 43.04'	85° 08.25'

Wissenschaftliche Fahrtteilnehmer

Geomar Forschungszentrum an der Universität Kiel :

R. v. Huene (Fahrtleiter)
P. Bergmann
J. Bialas
T. Csernok
B. Cropp
E. Fabel
E. Flüh
J. Hoffmann
M. Spranger (an Land)
Ch. Walther (an Land)

Geologisches Institut Universität Kiel :

K. Emeis
P. Holler
G. Jeschke
N. Mühlhahn

Gastwissenschaftler :

O. Barrios López	IGL, Mexiko
J. Chavarria Salas	ICE, Costa Rica
D. Escobedo Zenil	IGL, Mexiko
A. Florez Hernández	IGL, Mexiko
C. Leandro Montoya	ICE, Costa Rica
L. León	UCR, Costa Rica
I. Pérez Fernández	ICE, Costa Rica

ICE Instituto Costarricense de Electricidad
UCR Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica
IGL Escuela de Geología, Linares

Airgun Techniker

D. Hogg	USGS
R. Williams	USGS

USGS United States Geological Service, Menlo Park

Anhang 4

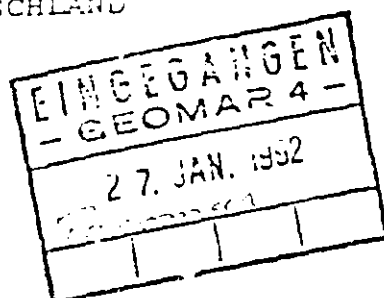
Bericht der deutschen Botschaft in Costa Rica
zum Besuch an Bord FS SONNE in Caldera

BOTSCHAFT DER
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

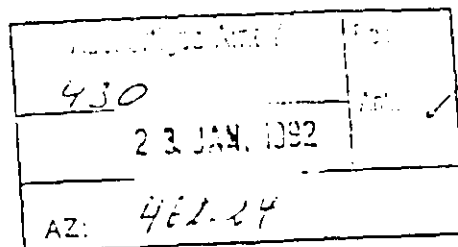
Wi 462.24
Ber.Nr. 71/92

Auswärtiges Amt
B O N N

Federführung: Referat 430



San José, 14.01.1992
Z/Li



Betr.: Forschungsfahrt Nr. 76 des Forschungsschiffes "Sonne"
hier: Besichtigung im Hafen Caldera
Bezug: DB Nr. 368 vom 05.12.1991, Az: Wi 462.42
Anlg.: - 1 - (nur bei Original)

2 Doppel

I.

1. Anlässlich des Hafenaufenthalts in Puerto Caldera in Costa Rica am 12. und 13. Januar 1992 habe ich zusammen mit meinem Vertreter und dem Vertrauensarzt der Botschaft die Gelegenheit genutzt, das Forschungsschiff "Sonne" zu besichtigen. Wir wurden von Kapitän Bruns und dem Professor für ozeanische Geodynamik, Herrn Roland von Huene, empfangen und in die Aufgaben und Arbeitsweise des Schiffes eingewiesen. Nach einem ausführlichen Gespräch beim Kapitän hatten wir Gelegenheit zur Besichtigung des Schiffes und seiner verschiedenen Labors sowie uns mit der Arbeitsweise und den ersten Ergebnissen der vorgenannten Forschungsfahrt vertraut zu machen. Von costaricanischer Seite waren der Präsident des ICE (Instituto Costarricense de Electricidad) und der Recope (der Oel-Lagergesellschaft) ebenfalls anwesend, die als "Counterparts" für Geomar bei diesem Projekt auf costaricanischer Seite mitwirken.

2. Uns wurde eine Karte vom Meeresboden westlich der costaricanischen Halbinsel Nicoya vorgeführt, die auf dieser Reise erstellt wurde und dazu dienen wird, modernere Erdbeben-theorien zu überprüfen. Bei der Reise wurden neue sog. sea-mountains entdeckt und genauere Aufschlüsse über diverse pazifische Seebodenplatten erlangt. Prof. von Huene übergab uns den Entwurf eines ersten zusammenfassenden Berichts über die Forschungsreise, der in Anlage beigefügt wird.

II.

1. Die in großer Anzahl herbeigekommenen Costaricaner waren beeindruckt von dem exzellenten Zustand des Schiffes, der Ausrüstung und der Autarkie im Forschungsbereich sowie vom Auftrag der Forschungsreise, die ja nicht zuletzt zugunsten Costa Ricas durchgeführt wurde. Die vorgenannten costaricanischen "Counterparts" von ICE und Recope lobten denn auch das Projekt überschwänglich.

2. Die hiesige Presse hat über die Forschungsfahrt und den Aufenthalt des Schiffes ebenso berichtet wie das Fernsehen. Die costaricanischen Gastgeber trugen denn auch auf ihre Weise zum Gelingen des Tages der offenen Tür bei, indem sie das Nationalfolklore-Ballett zu einer halbstündigen Tanzaufführung an Deck des Schiffes entsandten.

3. Botschaft wäre interessiert an der endgültigen Fassung des Reiseberichts.

4. Die Vorbereitung der Reise Nr. 81 vom 18.8.-09.10.1992 ist derzeit eingeleitet (dazu wird zu gegebener Zeit berichtet).

Lib.

Auswärtiges Amt, Referat 430, wäre für Übersendung des Reiseberichtes zwecks Weiterleitung an Botschaft San Jose dankbar.

Escudriñando el fondo marino

Los desastres naturales son inevitables, no obstante podrían llegar a ser previsible y, una adecuada planificación, podría contribuir a evitar pérdidas humanas y minimizar los daños materiales.

Al declarar la UNESCO a los 90 como la década de los desastres naturales, gobiernos de todo mundo han empezado a destinar fondos para el estudio del comportamiento planetario en diferentes ámbitos. Dentro de ellos, se espera que para el final del decenio pueda contarse con un estudio global de los mares.

Es así como desde el 20 de diciembre navega sobre aguas territoriales costarricenses de la región Pacífica el RV Sonne, un barco laboratorio germano que posee uno de los equipos más sofisticados para el estudio del fondo marino.

A bordo del navío se encuentra un equipo científico integrado por alemanes, mexicanos costarricenses y guatemaltecos, quienes realizan estudios de sismica y mapeo de las capas sumergidas bajo las aguas del océano Pacífico.

Bajo el mando del profesor Roland Von Huene, experto germano en geodinámica, el grupo busca efectuar un levantamiento barométrico —cartas de las profundidades marinas— que luego permita determinar los efectos que tiene la topografía de la placa marina sobre el litoral y el talud continental.

Entre los descubrimientos que han hecho los expertos en nuestra región, señalan la existencia de un terreno rugoso —abrupto e irregular— en el sector central y sur de la costa pacífica, aspecto que crea la posibilidad de mayor sismicidad debido a la fricción que existe entre las placas.

"El desarrollo de la Tierra es a veces violento, algo de lo que dio claras muestras el temblor ocurrido en la región caribeña de nuestro país; de manera que lo que nos corresponde es hacer estudios que nos permitan comprender mejor el diálogo que existe entre la placa marina y la plataforma continental", explica el experto nacional Roberto León, de la Escuela de Geología de la Universidad de Costa Rica, institución que, junto con el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), participa en las investigaciones.

"El objetivo principal de este proyecto es efectuar un estudio morfológico del fondo marino. Ello nos permitirá formular juicios y apoyar hipótesis acerca del comportamiento de la Tierra en esta región y, con base en ello, prever incluso el comportamiento fu-



"La búsqueda de mejores bases para el monitoreo de terremotos es uno de los objetivos que el equipo de geólogos a bordo del 'RV Sonne' persigue con estos estudios", explicó el costarricense Roberto León.

turo", advierte León.

Cuestionado sobre la posibilidad de que continúen los movimientos telúricos en la zona y que sectores de la plataforma continental mesoamericana pudieran sumergirse en el océano, el experto respondió que "durante miles de años los temblores van a continuar, motivo por el cual debemos prepararnos para ello, pero es poco probable que grandes masas continentales vayan a desaparecer sumergidas, al menos no antes de algunos milenios."

"Cuando un geólogo habla de que parte de la masa continental podría desaparecer pronto, se refiere a cientos o miles de años. La relación temporal es diferente a la empleada cotidianamente".

El equipo científico que está a bordo del Sonne ha logrado determinar que los bloques de corteza que existen en la llamada Fosa Mesoamericana —límite entre las placas oceánica y continental— se mueven "uno respecto al otro a una velocidad de 9 cm por año".

Los expertos han recogido muestras

del fondo marino para determinar su composición y levantado un mapeo más preciso del área.

En los próximos días, durante la segunda fase del proyecto, un grupo de geólogos en tierra trabajará, junto con los expertos del navío, en la medición de las ondas sísmicas que surgen en el océano y luego viajan hasta la capa superior de la plataforma continental, donde efectúan su impacto.

Para hacerlo, crearán sismos artificiales mediante el disparo de ondas, las cuales rastrearán desde la fuente hasta los puntos de recepción y medirán, entre otras cosas, su velocidad, con el afán de "conocer mejor la estructura terrestre que se halla" bajo nuestro país.

El 22 de enero el equipo se marcha a Alemania para procesar otros tipos de informaciones. El Sonne "retornará a Costa Rica en agosto de 1992, para continuar con otro tipo de pruebas de reflexión sísmica", explicaron.

Víctor Hugo Fernández

Estudian sismicidad del litoral Pacífico

JOSE DAVID GUEVARA M.

Redactor de La Nación

Geólogos nacionales y alemanes han confirmado la presencia de una serie de alturas considerables de tierra que se mueven bajo el mar en el litoral Pacífico y que chocan contra la placa Caribe a una velocidad aproximada a 10 centímetros por año.

Este es uno de los resultados preliminares que ha obtenido la expedición científica que estudia las aguas del Pacífico a bordo del barco alemán "RV Sonne".

Las investigaciones, iniciadas en diciembre y que finalizarán el 25 de enero, tienen como uno de sus objetivos principales diseñar un mapa del suelo marino por medio de técnicas modernas y sofisticadas.

"Se pretende crear modelos del fondo marino perteneciente a la placa Cocos, que se está subduciendo debajo de la Caribe, y que origina la actividad sísmica que cada cierto tiempo percibimos", explica el especialista Allan López, jefe de la oficina de coordinación geológica del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

El análisis de la información recabada permitirá crear modelos —de todo el istmo— de interacción de las placas aludidas, lo cual va a facilitar enormemente la explicación de los temblores y pronosticar el futuro comportamiento de esta zona que tiene una gran complejidad geológica y que es tectónicamente muy activa.

Geólogos costarricenses participarán, en Alemania, en la interpretación de los datos; se trata de funcionarios del ICE, la Escuela Centroamericana de Geología, de la Universidad de Costa Rica y la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE).

Dichas instituciones participan en la expedición en cooperación con la Universidad de Kiel, propietaria del navío; éste arribará hoy a puerto Caldera, aproximadamente al medio día, pues los científicos bajarán a tierra y recorrerán la Península de Nicoya para confrontar los datos de tierra firme con los marinos.